

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2018

Jan Zwierzyna

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Návrh a realizace řídicího systému s využitím průmyslového IoT**  
**Design and Implementation of Control System Based on**  
**Industrial IoT**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Zwierzyna**  
Studijní program: **B2649 Elektrotechnika**  
Studijní obor: **2612R041 Řídicí a informační systémy**  
Téma: **Návrh a realizace řídicího systému s využitím průmyslového IoT**  
**Design and Implementation of Control System Based on Industrial IoT**  
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor prostředků průmyslového IoT.
2. Rozbor možností přenosu dat mezi řídicím systémem a cloudovými platformami.
3. Návrh řídicího systému demonstrujícího několik možností přenosu dat do vybrané cloudové platformy.
4. Realizace software pro navržený řídicí systém.
5. Ověření funkce systému.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] GREENGARD, Samuel. The internet of things. Cambridge: MIT Press, 2015. ISBN 978-0-262-52773-6.  
[2] Industrial IoT - Siemens SIMATIC IOT2040. In: Siemens [online]. Dostupné z: <http://w3.siemens.com/mcms/pc-based-automation/en/industrial-iot/pages/default.aspx>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Antonín Gavlas**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
vedoucí katedry

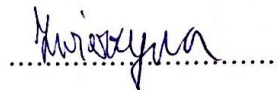


prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 30. dubna 2018

A handwritten signature in black ink, written over a dotted line.

Podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Antonínovi Gavlasovi za jeho cenné rady a vstřícné vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Škovránkovi a panu Ing. Zdeňkovi Slaninovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultace. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu, trpělivost a motivaci.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá přenosem dat z řídicího systému do cloudové platformy na bázi Internet of Things. Hlavním úkolem bylo vytvořit řídicí úlohu na modelu výrobní linky nacházející se v laboratoři programovatelných automatů. Celá řídicí úloha byla naprogramována ve vývojovém prostředí TIA Portal V14. Komunikace s cloudovou platformou funguje na principu přenosu dat přes průmyslový gateway Siemens SIMATIC IOT2040, kde bylo potřeba nainstalovat platformu Node-RED a do ní následně vložit knihovny určené pro komunikaci s řídicími systémy Siemens SIMATIC řady S7 společně s knihovnami, jež slouží pro komunikaci s jednotlivými cloudovými platformami. Testování proběhlo v učebně na dopravníkovém pásu, kdy se za chodu ukládaly hodnoty o průběžném stavu aplikace na cloudové platformy. Vytvořené modely přenosu dat z řídicího systému na cloud poskytnou budoucím studentům určitý komfort z hlediska lepšího pochopení systému a usnadnění vývoje aplikace pro laboratorní pracoviště.

## **Klíčová slova**

Internet of Things, Node-RED, PLC, IBM cloud, Ubidots cloud

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with data transferring from programmable logic controller to cloud platform based on Internet of Things. The main task was to create an application on production line situated at laboratory of programable logic controllers. The whole application was programmed in TIA Portal V14 programming environment. Communication with cloud platform works on principle data transferring by using industrial gateway Siemens SIMATIC IOT2040, where it was necessary to install Node-RED platform and then insert libraries determined for controlling programable logic controllers Siemens SIMATIC S7 series together with libraries, which are intended for communication with individual cloud platforms. Testing was performed at running production line in laboratory, while saving values of current application status were stored in the cloud platforms. Data transmission models will offer certain convenience in case of better system understanding for students and easier developing applications for laboratory workplaces.

## **Key words**

Internet of Things, Node-RED, PLC, IBM cloud, Ubidots cloud

# Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk .....	- 10 -
Seznam ilustrací: .....	- 11 -
Seznam tabulek: .....	- 12 -
Úvod.....	- 13 -
1 Internet of Things .....	- 14 -
1.1 Vymezení pojmu Internet of Things .....	- 14 -
1.2 Historie a vývoj .....	- 14 -
1.3 Technologie a nástroje použité v Internet of Things .....	- 15 -
1.3.1 Komunikace.....	- 16 -
1.4 Průmyslové IoT .....	- 17 -
1.4.1 Výhody a výzvy IIoT .....	- 18 -
1.4.2 Výzvy IIoT .....	- 18 -
1.5 IoT protokoly.....	- 18 -
1.6 Protokol MQTT.....	- 18 -
1.6.1 Struktura přenosu zpráv.....	- 19 -
1.6.2 Obsah zpráv .....	- 19 -
1.6.3 Přenosový model .....	- 19 -
2 Funkční analýza.....	- 20 -
2.1 PLC S7-1214C .....	- 20 -
2.2 SIMATIC IOT2040.....	- 21 -
2.2.1 Technické specifikace .....	- 22 -
2.3 Node-RED.....	- 23 -
2.4 Cloudové platformy.....	- 23 -
2.4.1 IBM Bluemix.....	- 24 -
2.4.2 Ubidots .....	- 24 -
3 Řízení výrobní linky.....	- 25 -
3.1 Sklad výrobní linky .....	- 25 -
3.2 HW konfigurace pro Siemens SIMATIC S7-1214C.....	- 26 -
3.3 Seznam I/O a použitých symbolů.....	- 27 -
3.4 Princip programu.....	- 28 -
3.5 Program v programovacím prostředí TIA Portal V14.....	- 30 -



4	Přenos dat do cloudové platformy .....	- 31 -
4.1	HW konfigurace pro Siemens SIMATIC IOT2040 .....	- 31 -
4.2	Knihovny použité v Node-RED .....	- 32 -
4.2.1	NodeS7 .....	- 32 -
4.2.2	MQTT.....	- 33 -
4.2.3	IBM Watson .....	- 33 -
4.3	Struktura programu v Node-RED.....	- 34 -
4.3.1	Vizualizace a řízení v Ubidots cloudu.....	- 36 -
4.3.2	Vizualizace v IBM Watson Internet of Things platformě .....	- 37 -
4.4	Srovnání cloudových platforem .....	- 38 -
	Závěr .....	- 39 -
	Použitá literatura .....	- 41 -
	Seznam příloh.....	- 43 -

## Seznam použitých symbolů a zkratek

Zkratka	Význam
<b>API</b>	Application Programming Interface (Rozhraní pro programování aplikací)
<b>CPU</b>	Central Processing Unit (Centrální procesorová jednotka)
<b>DI</b>	Digital Input (Digitální vstup)
<b>DO</b>	Digital Output (Digitální výstup)
<b>GSM</b>	Global System for Mobile (Globální systém pro mobilní komunikaci)
<b>IaaS</b>	Infrastructure as a Service (Infrastruktura jako služba)
<b>IIoT</b>	Industrial Internet of Things (Průmyslový internet věcí)
<b>INT</b>	Integer – Celočíselný datový typ
<b>IoT</b>	Internet of Things (Internet věcí)
<b>IP</b>	Internet Protocol (Internetový protokol)
<b>JSON</b>	JavaScript Object Notation (JavaScriptový objektový zápis)
<b>M2M</b>	Machine to Machine – Komunikace mezi stroji
<b>PaaS</b>	Platform as a Service (Platforma jako služba)
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller (Programovatelný logický automat)
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification – Identifikace na rádiové frekvenci
<b>SaaS</b>	Software as a Service (Software jako služba)
<b>UID</b>	User Identifier (Identifikátor uživatele)

## Seznam ilustrací:

Obrázek 1.1:	Vývoj IoT podle společnosti Cisco .....	- 15 -
Obrázek 1.2:	Diagram IoT .....	- 16 -
Obrázek 1.3:	Rozdíl mezi M2M a IoT .....	- 16 -
Obrázek 1.4:	Komunikační model publish/subscribe .....	- 19 -
Obrázek 2.1:	Diagram přenosu dat z PLC do cloudových platform.....	- 20 -
Obrázek 2.2:	Siemens SIMATIC S7-1200 .....	- 21 -
Obrázek 2.3:	Siemens SIMATIC IOT2040 .....	- 22 -
Obrázek 2.4:	Porovnání služeb cloudů .....	- 23 -
Obrázek 3.1:	Sklad výrobní linky .....	- 25 -
Obrázek 3.2:	Propojení PLC s distribuovanou periferií .....	- 26 -
Obrázek 3.3:	Algoritmus programu v PLC .....	- 29 -
Obrázek 3.4:	Část zapojení ve vývojovém prostředí TIA Portal V14.....	- 30 -
Obrázek 3.5:	Funkce pro uvolnění puku ve skladu ve vývojovém prostředí TIA Portal V14 .....	- 30 -
Obrázek 4.1:	Nastavení parametrů v PuTTY .....	- 31 -
Obrázek 4.2:	Nastavení IP adresy počítače .....	- 32 -
Obrázek 4.3:	Nově přidělená IP adresa .....	- 32 -
Obrázek 4.4:	Uzly v knihovně node-red-contrib-s7 .....	- 33 -
Obrázek 4.5:	Uzly v knihovně MQTT .....	- 33 -
Obrázek 4.6:	Uzly z knihovny Watson IoT.....	- 34 -
Obrázek 4.7:	Ukládání informace o stavu puků ve skladu na cloudové platformy.....	- 34 -
Obrázek 4.8:	Nastavení parametrů v uzlu „Pocet_cervena_sklad“ .....	- 35 -
Obrázek 4.9:	Zapínání pásu z cloudové platformy Ubidots .....	- 35 -
Obrázek 4.10:	Vizualizace a řízení v Ubidots.....	- 36 -
Obrázek 4.11:	Podmínka pro zaslání varovného e-mailu na cloudové platformě Ubidots .....	- 36 -
Obrázek 4.12:	Vizualizace na IBM Watson IoT platformě.....	- 37 -
Obrázek 4.13:	Informace o vytvořeném zařízení na IBM Watson IoT platformě .....	- 37 -
Obrázek 4.14:	Porovnání latence IBM Bluemix cloudu a Ubidots cloudu .....	- 38 -

## Seznam tabulek:

Tabulka 3.1:	Konfigurace IP adresy PLC .....	- 26 -
Tabulka 3.2:	Popis typu PLC .....	- 26 -
Tabulka 3.3:	Popis typu přídatných modulů.....	- 26 -
Tabulka 3.4:	Tabulka digitálních vstupů.....	- 27 -
Tabulka 3.5:	Tabulka digitálních výstupů.....	- 28 -

# Úvod

Svět kolem nás se neustále vyvíjí a s ním také nároky lidí a firem na technologie, které nás dennodenně obklopují. Průmyslová odvětví kladou čím dál tím větší důraz na efektivnější využití zdrojů, zvýšení pracovní produktivity, snížení provozních nákladů, zajištění bezpečnosti pracovníků a k tomu všemu může dopomoci revoluční technologie Internet of Things.

Ze začátku bakalářské práce je čtenáři přiblížen obecný pojem Internet of Things a je seznámen s technologiemi a nástroji používanými v této oblasti. Dále jsou zde podrobně rozebrány jednotlivé způsoby komunikace. V této kapitole byly také detailně popsány komunikační protokoly HTTP a MQTT, které jsou podle informací ze zahraniční literatury nejčastěji využívány v oblasti Internet of Things.

Další kapitola se zaměřuje na problematiku přenosu dat z PLC na cloudové platformy. Jako PLC bylo použito zařízení Siemens SIMATIC S7-1200, ze kterého se vybrala příslušná data a ta byla následně odeslána na cloud. Klíčovým prvkem, jenž zprostředkovává celou komunikaci mezi PLC a cloudovými platformami, je zařízení Siemens SIMATIC IOT2040. Jsou zde také detailně popsány technické specifikace tohoto zařízení. Do zařízení Siemens SIMATIC IOT2040 bylo nutné doinstalovat platformu Node-RED, což je vývojové prostředí, které umožňuje komunikaci mezi zařízeními, jež komunikují na rozdílných protokolech. Dále jsou zde rozebrány cloudové platformy IBM Bluemix a Ubidots, které slouží pro vizualizaci získaných dat z PLC.

Třetí kapitola se zabývá řízením skladovacího pracoviště programovatelným automatem Siemens SIMATIC S7-1200. Je zde podrobně popsána HW konfigurace. Aplikace na skladovacím pracovišti je naprogramovaná tak, že puky, které přijedou po dopravníkovém pásu, uchopí chapadlo a následně je přesune na pozici testování barev, kde na základě barvy třídí puky do jednotlivých úrovní skladu. Je zde do detailu rozebrán kód, který řeší postupné ukládání puků do volných pozic, aby se zabránilo položení puku na již obsazenou pozici. Pro lepší představu, jak celá aplikace funguje, je zde uveden algoritmus, ve kterém jsou podmínky, jež jsou základem pro rozhodující logiku programu v rámci dalšího kroku. Do celého programu bylo nutné zakomponovat datové proměnné, které v sobě nesou informaci o obsazenosti skladu. Tyto proměnné je možné následně odesílat do vybraných cloudových platforem.

Poslední kapitola popisuje stylem „krok za krokem“ HW konfiguraci zařízení Siemens SIMATIC IOT2040. Do zařízení bylo potřeba nahrát operační systém Linux Yocto, který je volně ke stažení na stránkách od firmy Siemens. Dalším krokem bylo nainstalování platformy Node-RED a do ní knihovny S7, IBM Watson a MQTT. V této kapitole je vysvětleno, jak s těmito knihovnami pracovat. Jsou zde uvedeny a popsány části zapojení v Node-RED, které umožňují tok dat mezi PLC a cloudovými platformami. V závěru této kapitoly jsou zde uvedeny výsledné vizualizace jednotlivých cloudových platforem a jejich následné srovnání.

# 1 Internet of Things

V současné době je pojem Internet of Things (IoT) velmi používaný v oblasti Informačních a komunikačních technologií, který se týká téměř všech oborů lidské činnosti. Někteří ho označují jako čtvrtou průmyslovou revoluci, druzí jej označují jako převratnou technologii, která změní svět více než jakákoliv technologie, která byla doposud vynalezena. [1] [2]

## 1.1 Vymezení pojmu Internet of Things

O IoT se dočteme spousty informací, ale i přesto je obtížné tento pojem pochopit a zařadit, neboť každá společnost jej vysvětluje jiným způsobem, avšak všechny se shodují v jeho podstatě. Podle jedné z mnoha definic je to síť propojených objektů (věcí), jež jsou jednoznačně adresovatelné s tím, že tato síť je založena na standardizovaných komunikačních protokolech umožňujících výměnu, sdílení dat a informací za účelem dosažení vyšší přidané hodnoty. [1]

Pojem síť nemusí znamenat pouze Internet, tedy velký počet vzájemně propojených sítí, ve kterých mezi sebou počítače komunikují pomocí protokolů TCP/IP, ale může znamenat i lokální síť, v níž mohou věci komunikovat, avšak pro možnost sdílení je nutné připojení k Internetu. Síť zajišťuje konektivitu. Z pohledu IoT věc představuje neživý objekt obsahující elektroniku, senzory a software, díky nimž je zařízení schopno snímat veličiny, které pak dále slouží k danému účelu. Zjednodušeně řečeno je to tedy zařízení poskytující data. [1] [3]

Z technologického pohledu jsou zde různé způsoby, jakými mohou zařízení komunikovat. Nejčastěji je využívána bezdrátová síť Wi-Fi, dále pak GSM síť, Bluetooth, které je energeticky nenáročné, NFC, RFID anebo v případě potřeby vyhodnocení obrovského množství dat se používá technologie Big data [4]

IoT je tedy koncept, díky němuž si fyzické a virtuální objekty (věci) sdílejí data přes Internet. K dosažení vyšších cílů (nových funkcí, složitějších úloh apod.) mohou být věci v rámci Internet of Things různě propojeny. Thing (věc) v oblasti IoT může reprezentovat téměř cokoli, například žárovku, dveřní zámek, knihu, motor letadla, boty nebo cyklistickou helmu apod. Každé z těchto zařízení má svoje unikátní identifikační číslo (UID) a Internetový protokol (IP) [2]

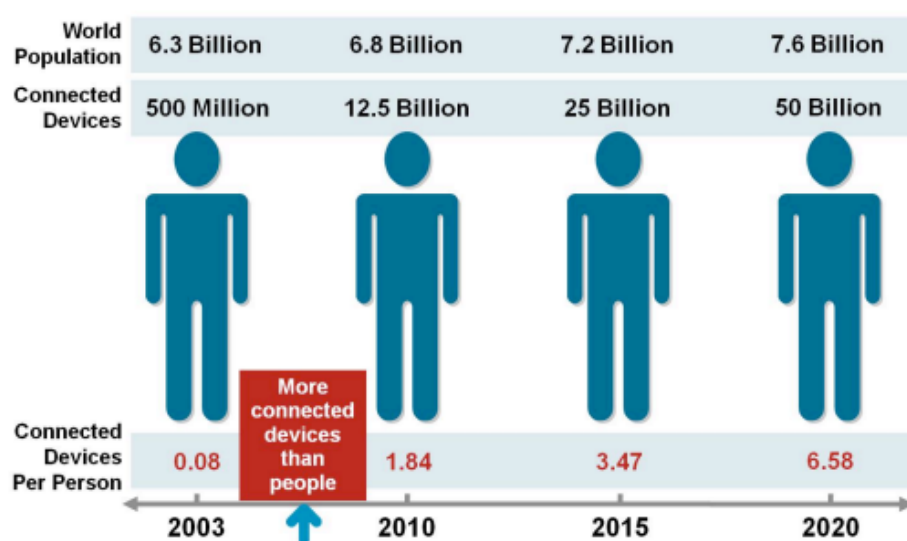
## 1.2 Historie a vývoj

Vize spojovat zařízení mezi sebou, aby byla schopná vzájemně komunikovat, byly už na počátku 19. století. Zařízení komunikovala skrze telegraf, který vynalezl baron Schilling v Rusku roku 1833. O rok později Carl Fried Gauss a Wilhelm Weber vynalezli kód, díky němuž byli schopni komunikovat na vzdálenost až 1200 m. Roku 1844 Samuel Morse poslal svůj první Morseův kód, který zněl „Co to Bůh způsobil?“ z Washingtonu D.C. do Baltimore.

Nikola Tesla, který se také zabýval propojováním zařízení, se v rozhovoru pro Colliers magazín zmínil o zařízeních, které budeme moct nosit v kapse a budeme skrze ně komunikovat kdykoliv bez ohledu na vzdálenost. Vlastně tímto předpověděl chytré mobilní telefony a mobilní datové přenosy, v době, kdy ještě neexistoval Internet. [5]

Poprvé s termínem Internet of Things přišel Kevin Ashton ve své prezentaci „Internet of Things“ na téma řízení dodavatelského řetězce. Věřil, že „věci“, jež nás dennodenně obklopují ve fyzickém světě, potřebují přehodnocení, z důvodu posunu v oblasti Internetu a rychlosti generovaných dat u chytrých zařízení. V té době taky přispěl k rozšíření RFID (identifikace na rádiové frekvenci) aplikací do širšího povědomí, které se staly základem právě pro vizi dnešního IoT. [6] [7]

Společnost Cisco uvádí, že v období mezi roky 2008 a 2009 vznikl IoT, neboť v tomto období překročil počet připojených zařízení k Internetu celkové množství lidí na naší planetě, což můžeme vidět na obrázku (viz. obrázek 1.1) Dále můžeme z obrázku vyčíst, že roku 2020 se odhaduje 50 miliard IoT zařízení. Společnost IHS Markit uvádí 30,7 miliard IoT zařízení. Dále společnost Gartner očekává 20,8 miliard IoT zařízení (tenhle odhad nezahrnuje smartphony, tablety a počítače). Společnost IDC předpovídá 28,1 miliard (opět bez smartphonu, tabletů a počítačů). [8]



Obrázek 1.1: Vývoj IoT podle společnosti Cisco [8]

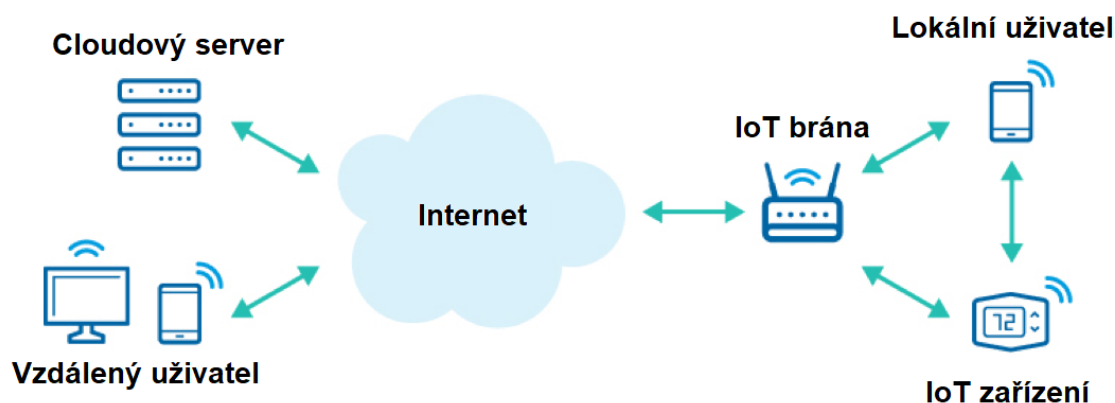
Za tak obrovské rozšíření technologie Internet of Things může z velké části uplatnění Mooreova a Koomeyova zákona. Moorův zákon předpovídá, že se počet tranzistorů v procesoru zdvojnásobí přibližně každé dva roky. To přimělo výrobce k tomu, aby vyvíjeli výkonnější počítače na stejném velkém čipu. Intel, známý výrobce polovodičových čipů, měl během roku 1971 2300 tranzistorů na procesoru a v roce 2012 jejich procesor obsahoval 1,4 miliardu tranzistorů. [9]

Koomeyův zákon udává, že přibližně každý rok a půl se zdvojnásobí množství výpočtů za každý využitý joule energie. Otočením grafu Mooreova zákona vzhůru nohama to může být interpretováno tak, že velikost počítače je poloviční každé dva roky. Stejně tak převrácením grafu Koomeyova zákona, vyplývá, že množství potřebné energie k výpočtům rapidně klesá. Kevin Ashton uvádí, že kombinací těchto dvou zákonů jsme schopni vybudovat malé, výkonné a energeticky nenáročné počítače. [9] [10]

### 1.3 Technologie a nástroje použité v Internet of Things

Princip, na kterém IoT funguje, je znázorněn na obrázku (viz. obrázek 1.2). Nejprve zařízení se zabudovanými senzory nashromáždí data z jejich prostředí. Může to být například teplota nebo video záznam apod. Tato zařízení obvykle obsahují bezdrátový vysílač, díky němuž komunikují s bránou,

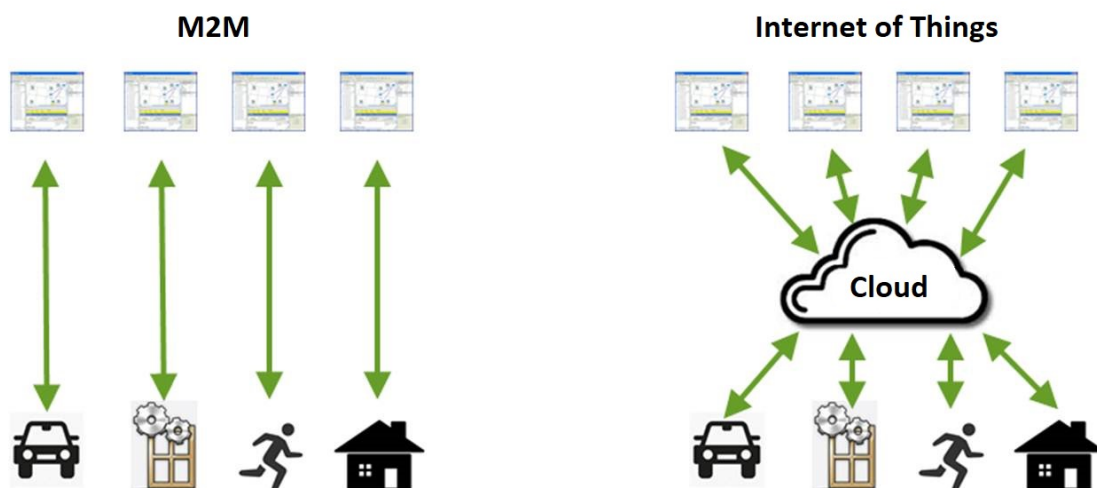
kteřá je připojená k Internetu přes přenosové sítě, kterým se zvláště věnuje kapitola 1.3.1. Následně se zařízení spojí s cloudovým serverem přes Internet. Cloudový server má za úkol sbírat data, analyzovat, ukládat je, činit rozhodnutí a iniciovat akce. Cloudový server pak dále komunikuje s aplikací, přes kterou můžeme se zařízením komunikovat a ovládat jej. K ovládání aplikací jsou nejčastěji využívány chytré mobilní telefony. Dále pak můžeme aplikace řídit skrze počítače nebo tablety. [11]



Obrázek 1.2: Diagram IoT [12]

### 1.3.1 Komunikace

IoT byl vymyšlen hlavně k umožnění vzájemné komunikace zařízení mezi sebou. Komunikace mezi zařízeními IoT je stavěná na jiném principu než komunikace dosavadního konceptu M2M (maschine to maschine), kde je komunikace jednorázová a předem naprogramovaná. Věci v IoT mezi sebou komunikují neuspořádaně, nahodile a pořád. Rozdíl mezi IoT komunikací a M2M komunikací vysvětluje obrázek 1.3. [13]



Obrázek 1.3: Rozdíl mezi M2M a IoT [14]

Z technologického pohledu jsou zde různé způsoby, jakými mohou zařízení komunikovat. Nejčastěji je využívána bezdrátová síť Wi-Fi, dále je to pak Bluetooth, který je energeticky nenáročný, NFC, ZigBee, Z-Wave. [15]



## **Wi-Fi**

Jedná se o bezdrátovou technologii, která používá rádiové vlny o frekvenci 2,4 GHz nebo 5 GHz, které mají dosah přibližně 50 m. Díky standardu 802.11n může dosahovat rychlosti až 600 Mb/s, avšak převážně se setkáváme s rychlostí 150-200 Mb/s. Nejnovější standard 802.11-ac nabízí přenosovou rychlost až 1 Gb/s. Ačkoliv má tato technologie vysokou přenosovou rychlost, je pro mnoho IoT aplikací energeticky náročná. [15]

## **Bluetooth**

Tato technologie se stala velmi důležitou v oblasti výpočetní techniky. Očekává se, že bude klíčem zejména pro nositelné výrobky, které budou připojitelné k IoT pravděpodobně v mnoha případech přes chytré mobilní telefony. Vysílá data na frekvenci 2,4 a 2,485 GHz na dálku až 100 m. Přenosová rychlost u posledního standardu Bluetooth 4.0 se uvádí 24 Mb/s.

Pro IoT se využívá zvláštní odnož Bluetooth LE (low energy). Jak už prozrazuje název, je to velice úsporná technologie, která je napájena miniaturními bateriemi s výdrží měřenou v rocích. Přenosová rychlost u Bluetooth LE je 1 Mb/s. [15] [16]

## **ZigBee**

ZigBee, stejně jako Bluetooth, má rozsáhlou základnu provozu, avšak je více užívána v průmyslovém prostředí. ZigBee PRO a ZigBee Remote Control jsou založeny na protokolu IEEE802.15.4, což je průmyslový standard pro bezdrátové sítě pracující v aplikacích na frekvenci 2,4 GHz, které vyžadují poměrně časté výměny dat při nízké přenosové rychlosti v omezeném prostoru v rozsahu až 100 m, například v domě nebo v budově. [15]

## **Z-Wave**

Jedná se o nízkonapěťovou RF komunikační technologii, která je primárně navržena pro domácí automatizaci. Její komunikační rychlost je 100 kbit/s. Pracuje v pásmu pod 1 GHz a je odolná proti rušení z Wi-Fi a dalších bezdrátových technologií v rozmezí 2,4 GHz, jako je Bluetooth nebo ZigBee. Z-Wave používá jednodušší protokol než jiné, což umožňuje rychlejší a jednodušší vývoj. [15]

## **NFC**

NFC (Near Field Communication) je technologie, která umožňuje jednoduché a bezpečné obousměrné interakce mezi elektronickými zařízeními, a to zejména pro chytrá zařízení, například smartphony, které spotřebitelům umožňují bezkontaktní platební transakce, přístup k digitálnímu obsahu a připojení elektronických zařízení. V podstatě rozšiřuje schopnost technologie bezkontaktních karet a umožňuje zařízením sdílet informace ve vzdálenosti menší než 4 cm. Pracuje na frekvenci 13,56 MHz a přenáší data rychlostí 100-420 kb/s. [15]

## **1.4 Průmyslové IoT**

Jako součást průmyslu 4.0 se nadále rozšiřuje i průmyslový IoT. Údaje o produkci jsou shromažďovány a vyhodnocovány v cloudu za účelem optimalizace výroby. Vytváření sítí stávajících zařízení je v tomto ohledu velkou výzvou, protože stroje od různých výrobců a na různých technologických úrovních často nekomunikují stejným jazykem dat. Řešení je často časově náročné. Inteligentní brána, která harmonizuje komunikaci mezi různými datovými zdroji, je analyzuje a předává je příslušným příjemcům. [17]

Společnost GE zavádí průmyslový IoT jako termín, který znamená integraci složitých fyzických strojů spolu se síťovými senzory a softwarem. Průmyslový Internet of Things (IIoT) spojuje oblasti, jako je Internet of Things, big data a komunikace M2M (Machine to Machine) ke sběru a analýze dat z počítačů, z důvodu řízení operací. IIoT přináší revoluci ve výrobě tím, že umožňuje získání a přístupnost mnohem většího množství dat při mnohem vyšších rychlostech a mnohem účinněji než dříve. Řada inovativních firem začala implementovat IIoT využíváním inteligentních, připojených zařízení ve svých továrnách. [18] [19]

#### **1.4.1 Výhody a výzvy IIoT**

IIoT může značně zlepšit propojení, efektivitu, škálovatelnost, úsporu času a úsporu nákladů pro průmyslové organizace. Společnosti již využívají přínosy z nižší spotřeby v důsledku předvídatelné údržby, lepší bezpečnosti a další provozní efektivity. IIoT sítě inteligentních zařízení umožňují průmyslovým organizacím propojit všechny jejich lidi, data a procesy z továrny na výkonné kanceláře. Vedoucí pracovníci mohou využít údaje IIoT, aby získali úplný a přesný obraz o tom, jak funguje jejich podnik, což jim pomůže lépe rozhodovat. [19]

#### **1.4.2 Výzvy IIoT**

Interoperabilita a bezpečnost jsou pravděpodobně dvěma největšími výzvami v oblasti implementace IIoT. Technická spisovatelka Margaret Rouse uvádí, že hlavním problémem v oblasti IIoT je interoperabilita mezi zařízeními a stroji, které používají různé protokoly a mají různé architektury. Je důležité, aby společnosti věděly, že jsou jejich údaje v bezpečí. Rozšiřování senzorů a dalších inteligentních připojených zařízení vedlo k paralelnímu výbuchu bezpečnostních zranitelností. To je další faktor vzestupu MQTT (viz. kapitola 1.6), protože je to velmi bezpečný protokol pro IIoT. [19]

### **1.5 IoT protokoly**

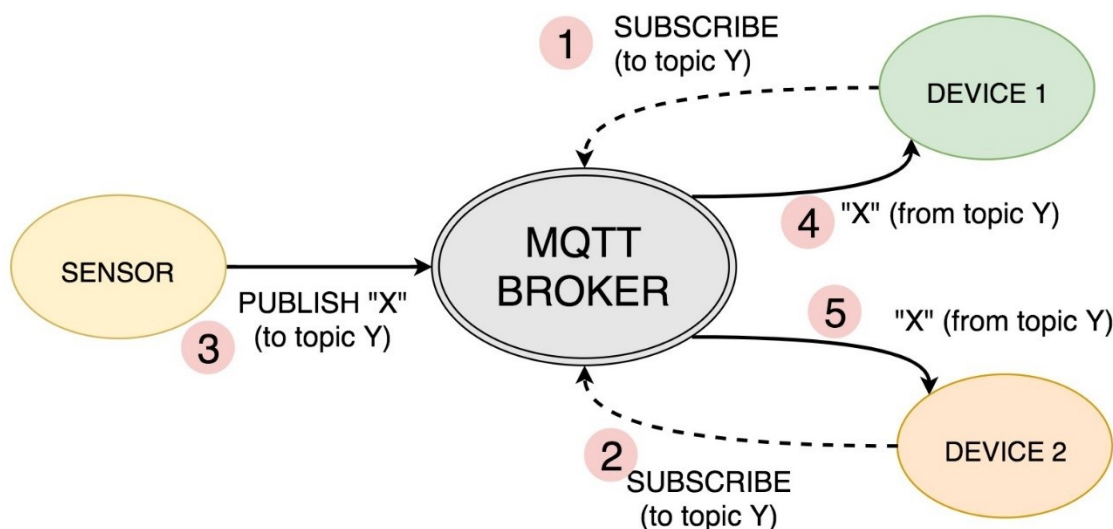
Jedním z problémů, se kterými se setkává IIoT, je skutečnost, že různá zařízení používají různé protokoly pro odesílání a přijímání dat. Zatímco existuje řada různých komunikačních protokolů, které se v současné době používají, jako například OPC-UA, tak přenosový protokol MQTT se rychle stává standardem pro IIoT vzhledem k jeho lehké režii publish/subscribe modelu. [19]

### **1.6 Protokol MQTT**

MQTT znamená MQ Telemetry Transport (telemetrická doprava). Jedná se o mimořádně jednoduchý protokol určený pro omezená zařízení a sítě s malou šířkou pásma, vysokou latencí nebo nespolehlivou sítí. Principy návrhu mají minimalizovat požadavky na šířku pásma sítě a zařízení a současně se snaží zajistit spolehlivost a jistý stupeň dodávek. Tyto zásady se také dají vytvořit jako ideální protokol pro vznik připojených zařízení M2M nebo Internet of Things a pro mobilní aplikace, kde je vysoká šířka pásma a prémiová energie baterie. [20]

Funguje na principu předávání zpráv mezi klienty, kteří jsou připojeni na serveru – brokeru. Pro zjednodušení můžeme broker chápat jako „novináře“, který přijímá zprávy od poskytovatele zpráv (tzv. Publisher) a ty poté předává jednomu či více čtenářům, kteří o ně mají zájem (tzv. Subscribers). Broker předává čtenářům jen ty zprávy, u kterých přihlásili odběr. Jeden broker může mít různé poskytovatele zpráv a mnoho čtenářů, avšak čtenářům poskytuje jen ty zprávy, k nimž přihlásili odběr. Každý klient

může být jak subscriber, tak publisher. Publisher bývá většinou nějaký snímač, který posílá naměřené hodnoty na broker. Subscriber bývá většinou řídicí jednotka, která odebírá hodnoty a následně s nimi pracuje. [21]



Obrázek 1.4: Komunikační model publish/subscribe [26]

### 1.6.1 Struktura přenosu zpráv

Jednotlivé přenášené zprávy se dělí do témat (topic). Publisher definuje téma, kam bude zprávy posílat, přičemž každá zpráva musí patřit právě do jednoho tématu. Aby subscriber mohl odebírat zprávy, musí znát předem název tématu. Subscriber má přístup pouze k tématům, u kterých má přihlášený odběr. Není nutné, aby subscriber znal umístění nebo komunikační adresu poskytovatele (Publisher). Potřebuje znát jen komunikační adresu brokeru. Témata jsou seřazena hierarchicky a oddělena lomítky. [21]

### 1.6.2 Obsah zpráv

Obsahem zpráv jsou binární data, která nejsou nijak definována. Jako nejčastější formát pro zápis je využíván JSON (JavaScript Object Notation), BSON (Binary JSON) nebo obyčejné textové zprávy. Broker tato data jen přeposílá a nijak neposuzuje, tudíž to může být ve výsledku jakýkoliv formát. Důležité je, aby subscriber uměl tyto data přečíst.

Velikost zprávy může být velká maximálně 256 MB, ale jelikož se tento protokol používá převážně pro IoT, tak bývá velikost zpráv zpravidla mnohem menší. MQTT se hodí pro přenos občasných nenáročných informací a hodnot, což je pro účel IoT ideální. [21]

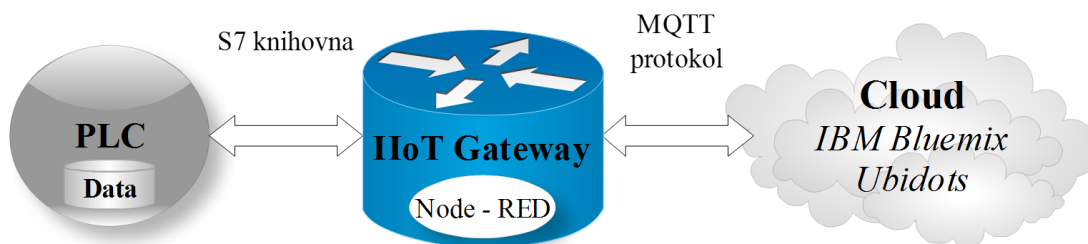
### 1.6.3 Přenosový model

Protokol MQTT popisuje jen struktury zpráv, avšak nedefinuje způsob přenosu. Ke způsobu přenosu se využívá TCP/IP protokol. Díky tomu, že využívá běžné ethernetové komunikační rozhraní a má jednoduchou strukturu, je snadno implementovatelný i do zařízení se slabšími procesory. To je taky důvod, proč se MQTT začíná rozšiřovat v průmyslu, protože implementace do PLC, které obsahují TCP/IP rozhraní je velmi jednoduchá a není zde potřeba modifikovat hardware CPU jednotky. [21]

## 2 Funkční analýza

PLC oboustranně komunikuje s IIoT gateway za pomoci S7 knihovny (viz. kapitola 4.2.1), kterou je nutno doinstalovat na platformu Node-RED. Komunikaci mezi cloudovými platformami zajišťuje protokol MQTT (viz. kapitola 1.6). Celé řešení je však závislé na několika faktorech, které lze definovat jako možná omezení:

- PLC a řízené zařízení musí být zapnuty (možná energetická náročnost při celodenních provozech).
- IIoT gateway musí být připojena k Internetu (možnost řízení vzdáleně často přes VPN, ve firmách může být problém s přístupem „z venku“).
- Tímto způsobem lze řídit jednotlivé části daného zařízení, přesto se nejedná o komplexní nástroj a mnohdy je více než důležité, aby byl programátor přímo u zařízení (primárně pro zajištění bezpečnosti)
- Některá data mohou být při přenosu do (z) cloudové platformy zpožděna (velký problém primárně u free cloudové platformy).



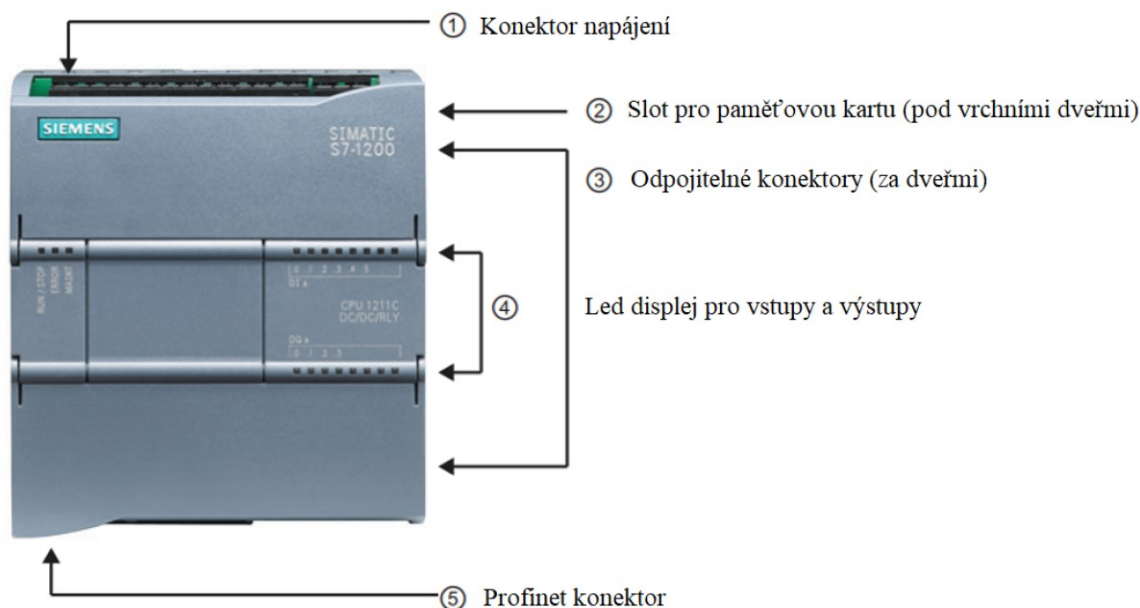
Obrázek 2.1: Diagram přenosu dat z PLC do cloudových platform

### 2.1 PLC S7-1214C

Kontrolér S7-1214C poskytuje flexibilitu a výkon pro ovládání širokého spektra zařízení podporující automatizační potřeby. Jeho kompaktní design, flexibilní konfigurace a výkonná sada instrukcí kombinují, aby se S7-1214C stalo dokonalým řešením pro ovládání nejrůznějších aplikací.

CPU kombinuje mikroprocesor, integrované napájení, vstupní a výstupní obvody, vestavěný PROFINET, I/O řízení vysokorychlostního řízení pohybu a integrované analogové vstupy v kompaktním krytu pro vytvoření výkonného ovladače. Po stažení programu pak CPU obsahuje logiku potřebnou k monitorování a ovládání zařízení v aplikaci. CPU sleduje vstupy a mění výstupy podle logiky uživatelského programu, který může zahrnovat booleovskou logiku, počítání, časování, komplexní matematické operace a komunikaci s jinými inteligentními zařízeními.

CPU poskytuje port PROFINET pro komunikaci přes síť PROFINET. K dispozici jsou pak další moduly pro komunikaci přes síť PROFIBUS, GPRS, RS485 nebo RS232. [22]



Obrázek 2.2: Siemens SIMATIC S7-1200 [22]

## 2.2 SIMATIC IOT2040

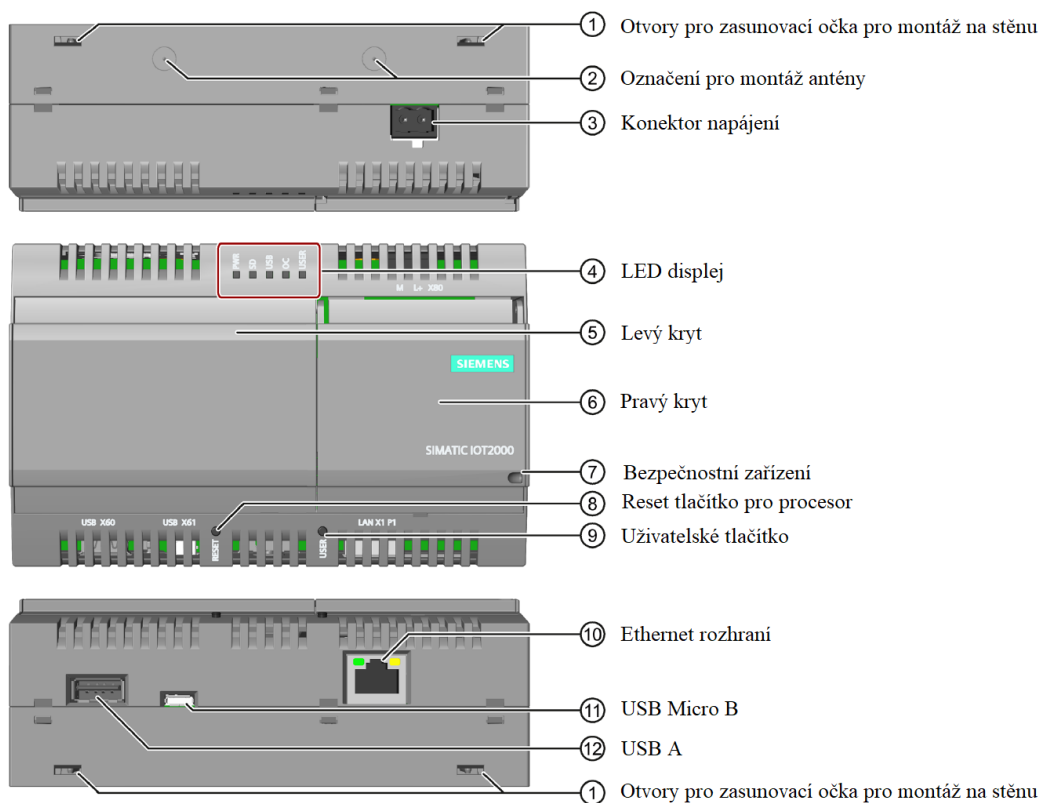
SIMATIC IOT2040 je spolehlivá otevřená platforma pro sběr, zpracování a přenos dat ve výrobním prostředí. Je ideální jako brána mezi cloudem a produkcí. Role jako rozhraní lze použít v obou směrech. Může jednak sbírat data z řízení výroby nebo taky může přenášet analyzovaná data z cloudu na řízení výroby. Tato nepřetržitá datová komunikace uzavírá řídicí smyčku pro optimalizaci výroby. Otevřenost systému při podpoře četných komunikačních protokolů a programování ve vyšších jazycích umožňuje přizpůsobená řešení. SIMATIC IOT2040 lze jednoduše integrovat do stávajícího zařízení. Je to tedy ekonomická a bezpečná alternativa k úplnému dodatečnému vybavení starších strojů. [23]

Zařízení je možno připojit k Arduino, tudíž kódy lze jednoduše přenést a bezpečně je používat v průmyslových i obytných zónách. Produkt jde rozšířit pomocí Arduino shield nebo přes mPCIe port pro integraci bezdrátových aplikací. Programovací jazyky C++, Java nebo Python jsou kompatibilní s tímto zařízením. Díky Node-RED, MQTT a SQLITE3 je možné připojit nebo provést kontrolu místních nebo vzdálených periférií.

IOT2040 disponuje IP20 krytem, jež zaručuje bezpečnou instalaci ve strojích a v elektrických panelech. Ve své konstrukci má zářežky, díky kterým se dá se připojit k DIN-liště. Perfektně se hodí do průmyslového prostředí, neboť jeho kryt je vyroben z odolných průmyslových komponent, jež umožňují IOT2040 nepřetržitý provoz i v náročných podmínkách. [24]

### 2.2.1 Technické specifikace

- CPU technologie: Intel Quark X1020 processor
  - zahrnující bezpečnostní funkce
  - zahrnující x86 determinismus
- Systémová paměť: 1 GB RAM DDR3
- Komunikační rozhraní: 2x Ethernet  
1x USB kontrolér k připojení k jakémukoliv zařízení  
1x USB zařízení pro zdvojení k systému  
Arduino slot  
miniPCI Express slot  
2x sériové rozhraní (přepínající RS232/485)
- Provozní teplota: 0–50 °C
- Zdroj napájení: 9–36 V
- Operační systém: Arduino IDE / Yocto Linux / Intel Studio / Eclipse
- Rozšíření: mPCIe + Arduino shields + USB
- Certifikace: EAC, KC, FCC CE, UL, CSA, RCM
- Programování: C / C ++, JAVA, JSON, Python atd.) [25]



Obrázek 2.3: Siemens SIMATIC IOT2040 [26]

## 2.3 Node-RED

Node-RED je výkonný programovací nástroj pro propojení HW zařízení, API a služeb online novými a zajímavými způsoby. Node-RED byl na počátku vytvořen jako open source projekt ve skupině několika členů IBM Emerging Technologies. Skupina těchto lidí vytvořila Node-RED jako nástroj pro vlastní účely, jelikož pracovali na IoT aplikacích, tak hledali způsob, jak zjednodušit proces spojování systémů a senzorů při budování technologií pro zákazníky. [27]

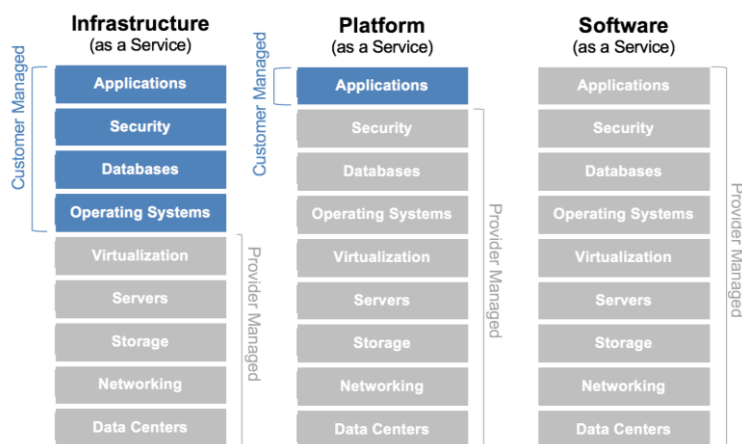
Node-RED Poskytuje editor založený na prohlížeči, který umožňuje snadné propojení toků pomocí širokého rozsahu uzlů v paletě. Uzly lze do palety doinstalovat pomocí funkce Pallet manager, avšak je nutné mít nainstalován npm (správce JavaScriptových balíčků). Programování probíhá v jednotlivých „flows“, přičemž vykonávání probíhá paralelně. Node-RED nabízí možnost vytvořit si svůj vlastní kód v programovacím jazyce JavaScript pomocí uzlu „node function“. Data se mezi uzly předávají pomocí zpráv (msg.payload). [27]

Node-RED nemusí být použit pouze pro aplikace Internet of Things, ale je to generický proces pro zpracování událostí. Dá se například použít k získávání událostí z http, websockets, tcp, Twitter a dalších a ukládat tato data do databází. [27]

## 2.4 Cloudové platformy

Cloud computing (Cloudové řešení) je poskytování počítačových služeb, serverů, úložišť, databází, sítí, softwaru a analytiky přes Internet ("cloud"). Společnosti, které nabízejí tyto výpočetní služby, se nazývají poskytovatelé cloudu a zpravidla účtují poplatky za služby cloud computing založené na využívání, podobně jako v případě fakturace za spotřebu vody nebo elektřiny v domě či bytě. Jsou zde tři úrovně cloud computing: [28]

- SaaS (Software as a Service) – Poskytuje služby z hlediska business přístupu pro zákazníky. Je to kompletní produkt, který funguje a je spravován poskytovatelem služeb. Příklad: E-mail
- PaaS (Platform as a Service) – Nabízí platformu, pomocí které je možné tvořit a dodávat cloud aplikace. Příklad: IBM Bluemix, Microsoft Azure
- IaaS (Infrastructure as a Service) – Je to základní stavební blok pro cloud technologii, který poskytuje hardware, úložný prostor a síťové funkce. Příklad: Amazon Web Service [28]



Obrázek 2.4: Porovnání služeb cloudů [29]

### 2.4.1 IBM Bluemix

Platforma IBM Bluemix je otevřená cloudová platforma vyvinutá společností IBM. Podporuje nepřehledné množství programovacích jazyků a služeb. Je určena pro vývoj, správu a provoz pro všechny typy aplikací (webové, mobilní, smart zařízení apod.). Bluemix disponuje službou IaaS (Infrastructure as a Service) a PaaS (Platform as a Service). Bluemix poskytuje integrované nástroje DevOps, jež slouží pro správu celého životního cyklu aplikace. Výhodou tohoto cloudu je snadné zřízení přístupu a flexibilní cena. [30]

#### Watson IoT

IBM Watson IoT Platform for Bluemix je komplexní platforma, jenž integruje prvky pro snadnou tvorbu a implementaci řešení IoT. Tato platforma je implementována jako služba v platformě Bluemix.

Obsahuje tyto oblasti:

- Watson IoT Platform Connect – Umožňuje připojení a správu koncových zařízení od jednotlivých čipů až po smart spotřebiče k aplikacím a průmyslovým řešením. Také umožňuje škálování pomocí cloudových služeb a napojení na analytickou část.
- Watson IoT Platform Information Management – Slouží k transformaci a ukládání dat IoT. Umožňuje přijímání dat z různých datových platform a jejich následnou analýzu.
- Watson IoT Platform Analytics – Zobrazuje a analyzuje data v reálném čase. Používá také nástroje pro kognitivní analytiku nad strukturovanými i nestrukturovanými daty.
- Watson IoT Platform Risk Management – Spravuje rizika prostřednictvím dashboardů a alertů. Také spravuje notifikace a incidenty z jedné konzole. [30]

### 2.4.2 Ubidots

Je to cloudová platforma určená především pro IoT. Tato platforma byla vytvořena pro zařízení jako je Raspberry Pi nebo Arduino, avšak je možné k ní připojit plno dalších zařízení. Umožňuje komunikaci mezi sensory, jinými malými zařízeními a cloudem. Nabízí webovou konzoli pro přehled, analýzu dat, konfiguraci a různá nastavení. Uživatel nemá přehled o databázích ani nemá k dispozici tak velké množství služeb jako u IBM Bluemix. Výhodou tohoto cloudu je, že je zdarma a nabízí jednoduché ovládání a programování. Zařízení je možno připojit a navázat komunikaci velmi rychle. [31]

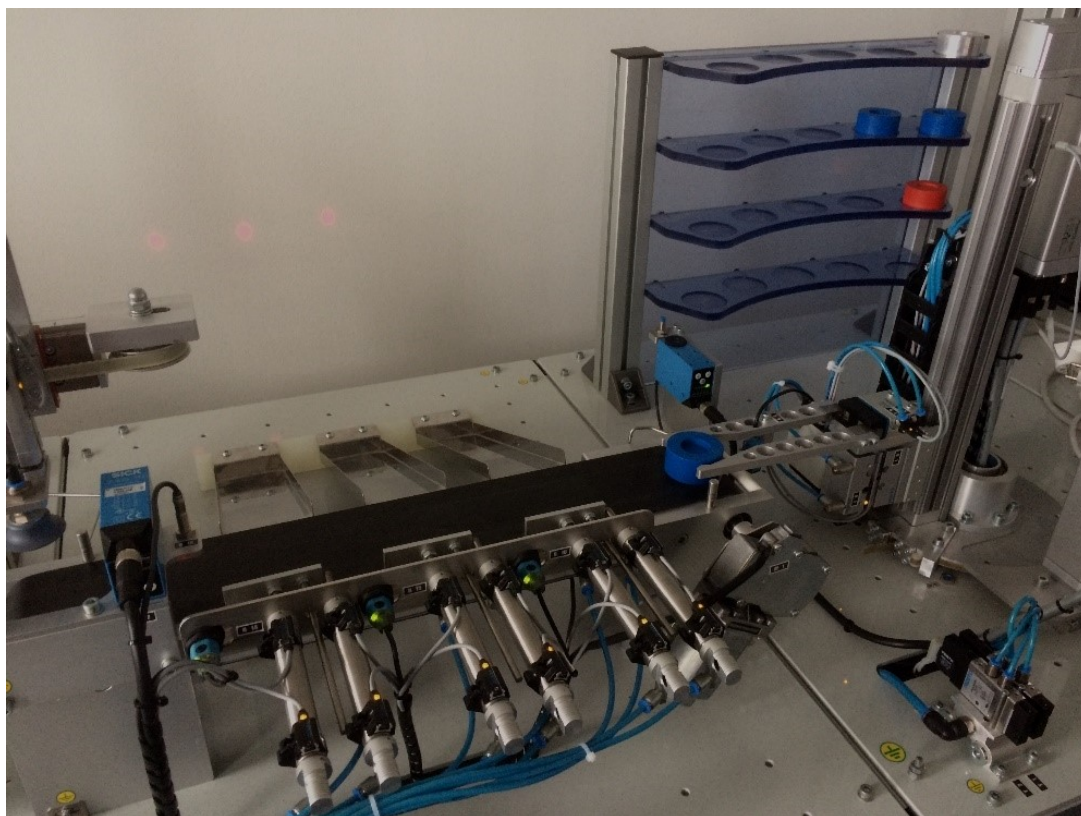


### 3 Řízení výrobní linky

Výrobní linka je řízená řídicím systémem Siemens SIMATIC S7-1214C. Tato linka se nachází v učebně EB415 na fakultě elektrotechniky a informatiky. Linka představuje zmenšenou podobu výroby puků. Skládá se ze šesti stolů, z toho první stůl obsahuje zásobník, který postupně vyrábí puky na pás. Na druhém stole je zkoumána hloubka puku pomocí kontrolní sondy, která je aktivní za předpokladu, že se puk zastaví pomocí zarážky. Na třetím stole jsou umístěna zařízení, která simulují vrtání, ražení a ofuk. Po tomto procesu následuje přemístění puku na další stůl pomocí ramena s přísavkou, který je ovládán servomotorem. Tento stůl je určen pro třídění zmetků na základě rozpoznání barvy puku. Poslední stůl, který slouží k uskladnění hotových výrobků (puků), je dále popsán podrobněji, protože slouží jako demonstrační zařízení pro aplikaci, jenž umožňuje posílat procesní data z PLC do několika Cloud platforem.

#### 3.1 Sklad výrobní linky

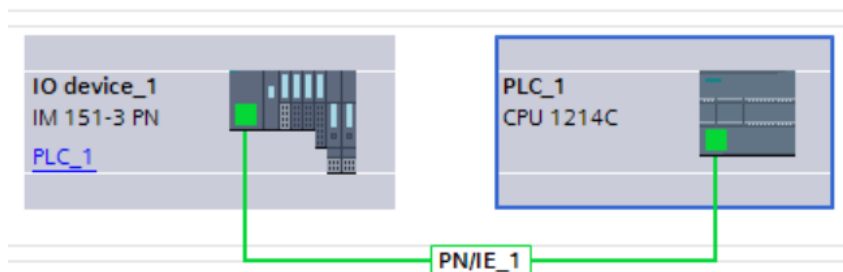
Modul se skládá z pásu, který je poháněn stejnosměrným motorem. Na konci pásu se nachází manipulační jednotka sloužící k přenášení puků z nakládací pozice do pozice testování barvy, kde je umístěn optický snímač barev. Poté je puk na základě nasnímané barvy přenesen do určité pozice skladu, který má 4 úrovně, avšak v aplikaci jsou využity pouze 3 pozice kvůli tomu, že v učebně jsou k dispozici pouze 3 barvy puků a to červené, modré a stříbrné. Manipulátor vybavený uchopovacím chapadlem je řízený dvěma servopohony, které manipulátoru umožňují pohyb vertikálně (zdvih) a horizontálně (rotace) na předem definované pozice.



Obrázek 3.1: Sklad výrobní linky

### 3.2 HW konfigurace pro Siemens SIMATIC S7-1214C

Celá aplikace je naprogramovaná v software TIA Portal V14 od společnosti Siemens. PLC komunikuje se vzdálenými I/O přes komunikační sběrnici Ethernet. Následující obrázek zobrazuje propojení řídicího systému Siemens SIMATIC S7-1214C s distribuovanou periferií.



Obrázek 3.2: Propojení PLC s distribuovanou periferií

V následující tabulce je IP adresa, která je nezbytně nutná k tomu, abychom se mohli připojit k řídicímu systému. Tato IP adresa nám rovněž umožní přístup z Node-RED platformy, která je popsána v kapitole 3.4. Subnet masky všech připojených zařízení se musí shodovat.

Parametr	PLC	Distribuovaná periférie
IP adresa	158.196.133.236	158.196.133.233
Subnet maska	255.255.255.0	255.255.255.0
Jméno zařízení	plc_6_1200	plc_uloha6

Tabulka 3.1: Konfigurace IP adresy PLC

Zařízení	CPU	Typ	Verze
S7-1200	CPU 1214C DC/DC/DC	6ES7 214-1AG40-0XB0	V4.0

Tabulka 3.2: Popis typu PLC

	Zařízení	CPU	Typ	Verze
ET200s	Interface modul	IM 151-3 PN	6ES7 151-3BA23-0AB0	v7.0
PM	Napájení modul	PM-E 24 to 48VDC	6ES7 138-4CA50-0AB0	-
8xDI	Digitální vstupy	2DI x 24VDC HF	6ES7 131-4BB01-0AB0	-
8xDO	Digitální výstupy	2DO x 24VDC / 0.5A HF	6ES7 132-4BB01-0AB0	-

Tabulka 3.3: Popis typu přídatných modulů

### 3.3 Seznam I/O a použitých symbolů

Název	I/O	Fyz. rozsah	Rozsah	Komentář
Digitální vstupy				
Servo 1 připraveno	I2.0	24 V DC	Bool	servo 1 - signál připravenosti
Servo 1 dokončeno	I2.1	24 V DC	Bool	servo 1 - pohyb dokončen
Chapadlo zdvženo	I3.0	24 V DC	Bool	koncový snímač polohy válce zdvihu chapadel - zdviženo
Chapadlo spušteno	I3.1	24 V DC	Bool	koncový snímač polohy válce zdvihu chapadel - spuštěno
Svislý pohyb	I4.0	24 V DC	Bool	snímač výchozí polohy pro svislý pohyb
Servo 2 připraveno	I4.1	24 V DC	Bool	servo 2 - signál připravenosti
Servo 2 dokončeno	I5.0	24 V DC	Bool	servo 2 - pohyb dokončen
Chapadlo sevřeno	I5.1	24 V DC	Bool	koncový snímač polohy chapadla - chapadlo sevřeno
Chapadlo rozevřeno	I6.0	24 V DC	Bool	koncový snímač polohy chapadla - chapadlo rozevřeno
Snimac cervena	I6.1	24 V DC	Bool	snímač barev - červená
Snimac modra	I20.1	24 V DC	Bool	snímač barev - modrá
Snimac hlinik	I21.0	24 V DC	Bool	snímač barev - "hliník"
Snimac nespecifikovany	I21.1	24 V DC	Bool	snímač barev - nespecifikovaná
Snimac magnetických	I22.0	24 V DC	Bool	snímač magnetických vlastností
Volná pozice ve skladu	I22.1	24 V DC	Bool	optický snímač volné pozice skladu

Tabulka 3.4: Tabulka digitálních vstupů

Název	I/O	Fyz. rozsah	Rozsah	Komentář
Digitální výstupy				
Servo1_0	Q2.0	24 V DC	Bool	servo 1 výběr pohybu, bit 0
Servo1_1	Q2.1	24 V DC	Bool	servo 1 výběr pohybu, bit 1
Servo1_2	Q3.0	24 V DC	Bool	servo 1 výběr pohybu, bit 2
Servo1_3	Q3.1	24 V DC	Bool	servo 1 výběr pohybu, bit 3
Servo1_odblokovani	Q4.0	24 V DC	Bool	servo 1 odblokování pohybu
Servo2_0	Q4.1	24 V DC	Bool	servo 2 výběr pohybu, bit 0
Servo2_1	Q5.0	24 V DC	Bool	servo 2 výběr pohybu, bit 1
Servo2_2	Q5.1	24 V DC	Bool	servo 2 výběr pohybu, bit 2
Servo2_3	Q6.0	24 V DC	Bool	servo 2 výběr pohybu, bit 3
Servo2_odblokovani	Q6.1	24 V DC	Bool	servo 2 odblokování pohybu
Prepinac	Q7.0	24 V DC	Bool	přepínač mezi horizontálním a vertikálním servopohonem
Start	Q7.1	24 V DC	Bool	start servopohonu (Start)
Snimac_barev	Q8.0	24 V DC	Bool	snímač barev - aktivace externím synchronizačním pulzem
Snimac_barev_prog	Q8.1	24 V DC	Bool	snímač barev – programování referenční barvy
Zdvih_chapadla	Q9.0	24 V DC	Bool	válec zdvihu chapadel
Spust_chapadlo	Q9.1	24 V DC	Bool	válec sevření chapadel

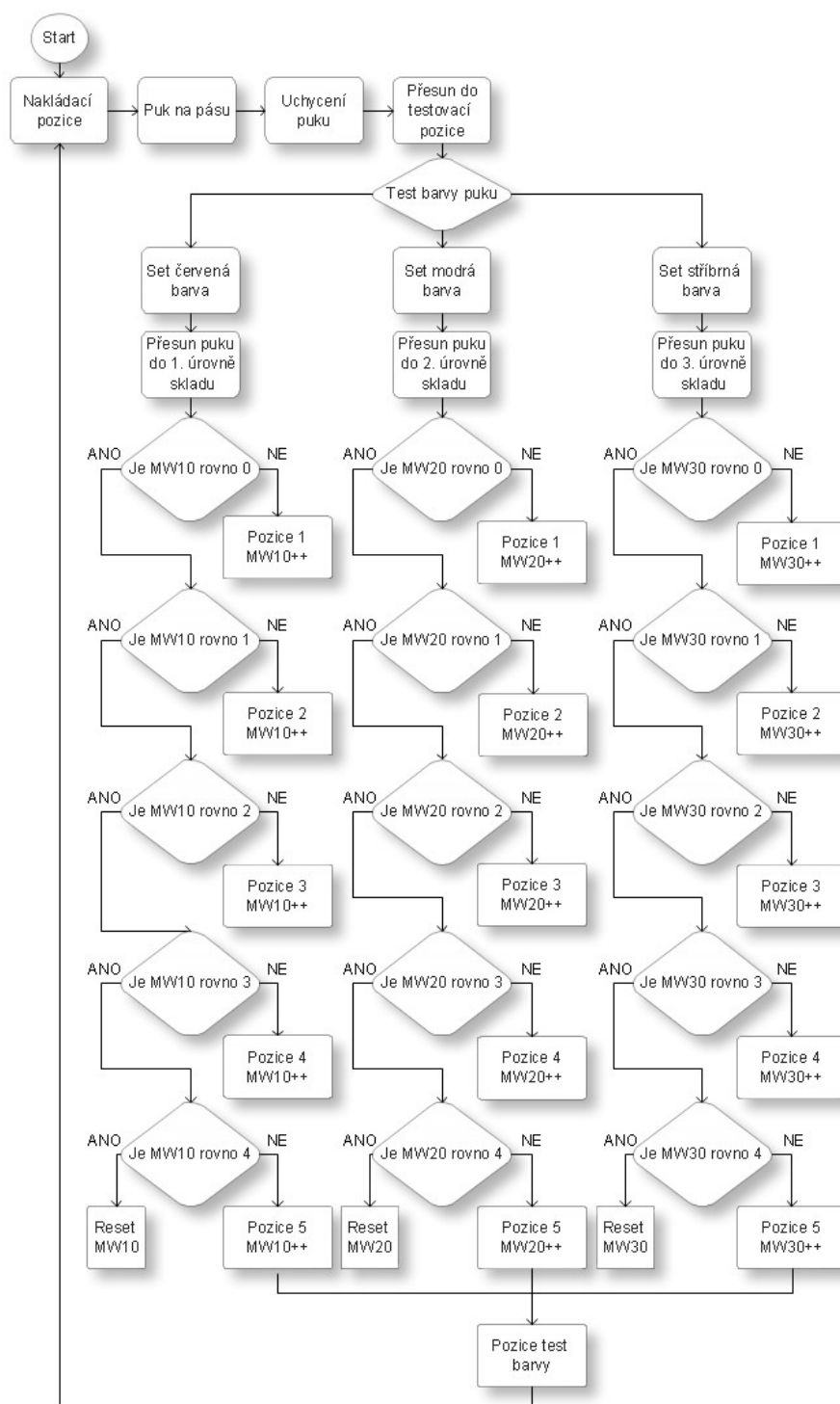
Tabulka 3.5: Tabulka digitálních výstupů

### 3.4 Princip programu

Prvním úkonem na tomto pracovišti je uchopení puku, který přijede po dopravníkovém páse a zastaví se na zarážce, která je umístěná na konci pásu. V této zarážce je dostatečně vzdálený optickému senzoru, a tak je ho schopný nasnímat a poslat signál, se kterým se v programu nadále pracuje. Díky tomuto signálu chapadlo sjede dolů a uchopí puk tím, že stáhne chapadla k sobě. Po zdvižení puku následuje rotační pohyb chapadla s pukem na pozici testování barev. Zde opět chapadlo s pukem sjede dolů, aby se přiblížilo snímači a nasnímá jeho barvu, která je nastavená jako výstup, který se sepne a uloží se do paměťového bitu, díky němuž se pak rozhodne, do kterého patra bude puk přiřazen.

Dále se přepne servopohon z horizontálního do vertikálního a na základě specifického paměťového bitu v programu vyjede chapadlo i s pukem do určité polohy. Poté se opět přepne

z vertikálního servomotoru do horizontálního a přesune se na poslední pozici ve skladě. Při dalším cyklu si program pamatuje, že tato pozice je již obsazena, a tak inkrementuje hodnotu paměťového bitu datového typu word (MW10, MW20, MW30). Jelikož v učebně není další pracoviště, které by puky odebíralo, tak je program navržen tak, že při zaplnění je potřeba pamětní bity datového typu word resetovat manuálně.

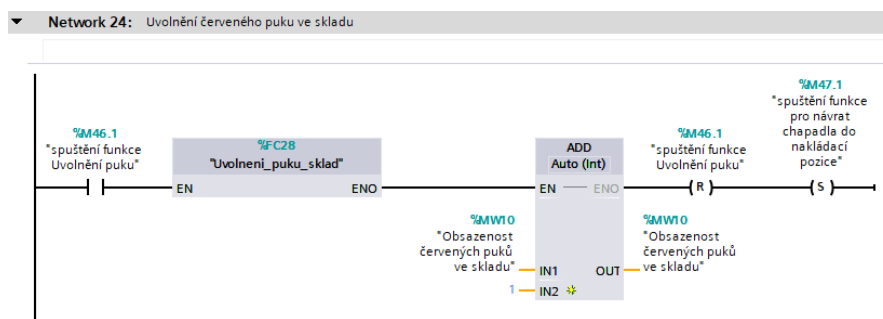


Obrázek 3.3: Algoritmus programu v PLC

### 3.5 Program v programovacím prostředí TIA Portal V14

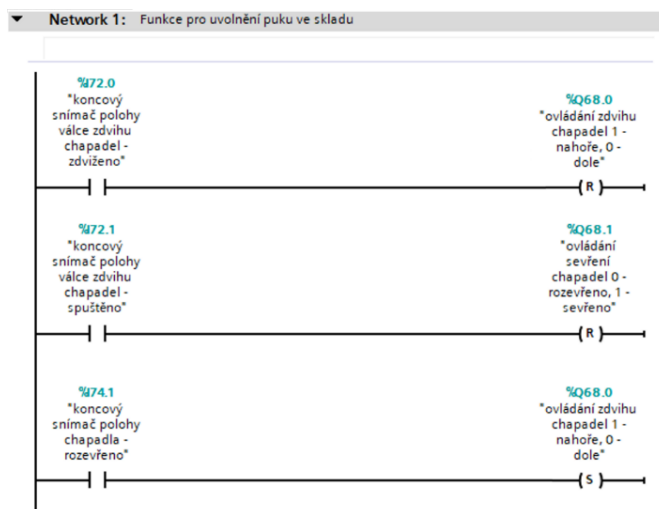
V této kapitole jsou postupně rozebrány vybrané části programu (úzce souvisí s aplikací v Node-RED) v softwarovém prostředí TIA Portal V14. Program byl zprvu naprogramován tak, aby bez problému fungoval celý algoritmus. Po odzkoušení se následně doplnily proměnné (MW10, MW20, MW30), jež v sobě nesly informaci o obsazenosti puků ve skladu. Tyto proměnné se následně odesílaly na cloud a zobrazovaly se ve vizualizaci.

V programové části „Network 24“ se řeší inkrementace proměnné MW10 datového typu word, do které je uložena hodnota o aktuálním stavu obsazenosti ve skladu pro červené puky. Po sepnutí bitu M46.1 se vykoná funkce „Uvolneni\_puku\_sklad“ (vysvětlená níže) a následně se pomocí funkce ADD zvýší proměnná MW10 o hodnotu 1. Poté se resetuje bit M46.1 a aktivuje se bit M47.1, jenž slouží pro spuštění funkce, která vrátí chapadlo zpět do nakládací pozice.



Obrázek 3.4: Část zapojení ve vývojovém prostředí TIA Portal V14

Funkce „Uvolneni\_puku\_sklad“ má za úkol položit puk na předem známou pozici. Pokud je vstup I72.0 aktivní (koncový snímač polohy válce zdvihu chapadel), tak se resetuje výstup Q68.0, který spustí chapadlo do dolní pozice. Poté co se chapadlo spustí do dolní pozice se aktivuje vstup I72.1 (koncový snímač polohy válce zdvihu chapadel), tím pádem se resetuje výstup Q68.1, díky čemuž se chapadlo rozevře. Po rozevření chapadla se aktivuje vstup I74.1 (koncový snímač polohy chapadla), což má za následek, že se chapadlo vrátí do horní pozice. Po vykonání této funkce následuje funkce ADD (viz obrázek. 3.5).



Obrázek 3.5: Funkce pro uvolnění puku ve skladu ve vývojovém prostředí TIA Portal V14

## 4 Přenos dat do cloudové platformy

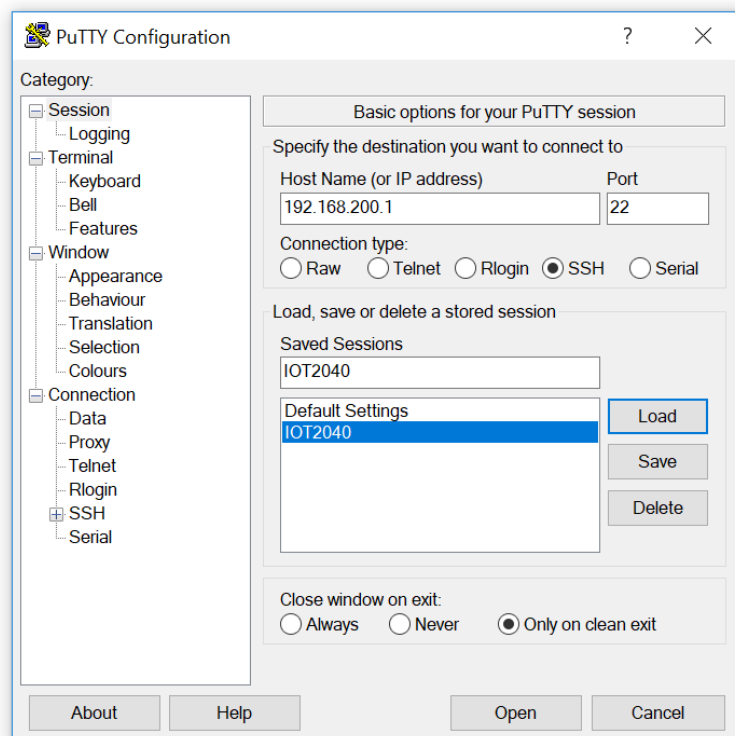
Tato kapitola se zabývá praktickým řešením přenosu dat z PLC do vybraných cloudových platform. Je zde popsána HW konfigurace pro Siemens SIMATIC IOT2040 a následné připojení k PLC a cloudovým platformám s využitím platformy Node-RED.

### 4.1 HW konfigurace pro Siemens SIMATIC IOT2040

Potřebný software:

- Micro-SD Card Example Image, na který je potřeba nahrát operační systém Yocto Linux
- PuTTY, přes který probíhá komunikace se zařízením.
- Win32 Disk Imager, přes který se nahraje Example Image na MicroSD kartu
- WinSCP, který slouží jako průzkumník souboru u IOT2040

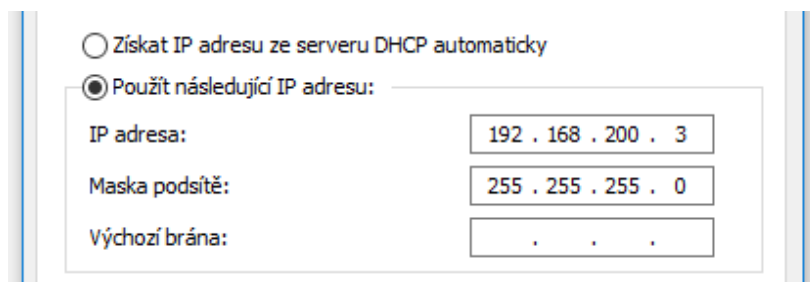
Nejprve se na zformátovanou microSD kartu nahraje Example Image „iot2000-example-image-iot2000.wic“, který je volně ke stažení na stránkách od firmy Siemens. Tento zápis je možné uskutečnit přes Win32 Disk Imager, který je taky volně ke stažení. Po úspěšném nahrání se vloží microSD karta do Siemens SIMATIC IOT2040. Poté se připojí k stejnosměrnému zdroji napětí a zvolí se rozsah od 9-36 V. Dále otevřeme PuTTY a zadáme hodnoty (viz. obrázek 4.1).



Obrázek 4.1: Nastavení parametrů v PuTTY

Připojení zvolíme přes SSH. Defaultní IP adresa od Siemens SIMATIC IOT2040 je 192.168.200.1 a port je 22. Po spuštění se dostaneme do prostředí PuTTY, kde příkazem „iot2000setup tool“ je možno nastavovat různá nastavení zařízení. V záložce Networking je potřeba přepsat oba porty

(eth0 a eth1) na „DHCP“, aby bylo možné se připojit k Internetu a získat vlastní specifickou IP adresu. Poté je nutné nastavit ve Windows v „Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties“ jinou poslední hodnotu v IP adrese, než je defaultní. Subnet mask se musí shodovat.



Obrázek 4.2: Nastavení IP adresy počítače

Následně je třeba se přes software WinSCP připojit k zařízení. Dalším krokem je přepsání textového souboru interfaces.txt, který je možno nalézt v /etc/network. Původní Eth0 smažeme a Eth1 přepíšeme na Eth0. Poté se v PuTTY napíše příkaz ifdown eth0 poté ifup eth0. Tímto se získá nová IP adresa. Po napsání příkazu ifconfig se zobrazí nová IP adresa viz obrázek.

```
root@iot2000:/# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr E0:DC:A0:1B:BC:87
          inet addr:158.196.133.132  Bcast:158.196.133.255  Mask:255.255.255.128
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:27  errors:0  dropped:19  overruns:0  frame:0
          TX packets:10  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0  txqueuelen:1000
          RX bytes:4318 (4.2 KiB)  TX bytes:2222 (2.1 KiB)
          Interrupt:32  Base address:0xc000
```

Obrázek 4.3: Nově přidělená IP adresa

Dále je potřeba doinstalovat potřebné knihovny, které jsou uvedeny v následující kapitole 4.2, abychom byli schopni se připojit k Node-RED platformě, díky které budeme schopni komunikovat s řídicím systémem Siemens SIMATIC S7-1200. Po instalaci knihoven jsme schopni se připojit k Node-RED tak, že do vyhledávače od prohlížeče Google Chrome zadáme naši nově přidělenou IP adresu 158.196.133.132:1880

## 4.2 Knihovny použité v Node-RED

Pro lepší využitelnost Node-RED je zapotřebí doinstalovat určité knihovny podle typu aplikace. Po připojení k Internetu se dají knihovny bezplatně rozšířit přímo z prostředí Node-RED.

### 4.2.1 NodeS7

NodeS7 je knihovna, která umožňuje komunikaci s řídicími systémy Siemens SIMATIC řady S7-300/400/1200/1500, prostřednictvím sběrnice Ethernet v rámci protokolu RFC1006. Je napsána v jazyce Javascript, takže v systému Windows není nutná instalace kompilátorů. Nasazení na jiných platformách by proto neměl být problém.

Je optimalizována třemi způsoby. Třídí velké množství požadovaných položek z PLC a rozhoduje o tom, jaké celkové datové oblasti si vyžádají. Pak seskupí několik malých požadavků



společně do jednoho nebo více paketů, a to až do maximální velikosti, kterou PLC podporuje. Následně pošle více paketů najednou pro maximální rychlost. Například požadavek na 100 různých bitů bude seskupen do jedné žádosti, která bude odeslána do PLC bez potřeby dalšího směru od uživatele. NodeS7 neustále aktualizuje připojení. Pokud je spojení ztraceno z důvodu, že je PLC vypnuto či odpojeno, je možné pokračovat v žádosti o údaje bez nutnosti použití dalších kroků. „Špatné“ hodnoty jsou vráceny a po eventuálním připojení bude spojení automaticky obnoveno.

S7-1200 a S7-1500 CPU vyžaduje přístup pomocí "Slot 1" a musí se blokovat optimalizovaný přístup bloku v TIA Portal pro bloky, které jsou používány. Kromě toho se musí v portfoliu TIA Portal "povolit přístup GET / PUT" v řadiči 1500. Tímto způsobem se otevírá řadič pro přístup i jiným aplikacím, takže je potřeba si uvědomit bezpečnostní důsledky tohoto postupu. [32]



Obrázek 4.4: Uzly v knihovně node-red-contrib-s7

## 4.2.2 MQTT

Chceme-li použít uzel MQTT, je potřeba mít přístup k brokeru. Princip protokolu MQTT funguje na principu sdělovač/odběratel který je podrobně vysvětlen v kapitole 1.6. Pomocí adresy částí „broker“ a „topic“ můžeme nakonfigurovat vstupní uzel MQTT pro přihlášení k tomuto tématu, což způsobí, že generuje novou zprávu vždy, když budou zveřejněna nová data o daném tématu. Zpráva bude obsahovat informace o publikovaných datech, včetně samotných údajů ve zprávě msg.payload a tématu brokeru MQTT v souboru msg.topic. Z důvodu, že je MQTT broker implementován v Node.js, tak je možno použít uzly MQTT-in a MQTT-out, bez nutnosti použití MQTT prostředí jako Mosquitto. [33]



Obrázek 4.5: Uzly v knihovně MQTT

## 4.2.3 IBM Watson

### Vstupní uzel

Tento uzlen získává příkazy z IBM Watson Internet of Things platformy. Může být použitý jako zařízení, které je nastaveno tak, že zpracovává všechny příkazy daného zařízení anebo jen specifický příkaz. Dále lze uzel nakonfigurovat jako gateway, který přijímá příkazy od všech zařízení k němu připojených nebo jen vybranou část z nich.

Zpráva odeslána přes tento uzel obsahuje tyto vlastnosti:

- Payload – Je to hlavní struktura příkazu. Jestli je příkaz identifikovaný ve formátu json, v tom případě bude property jako JavaScript objekt, v opačném případě bude property ve formátu string.
- Topic – Je to téma, kde se obdrží příkazy.
- Command – Název příkazu.
- Format – Formát daného příkazu.
- deviceType – Typ zařízení, pro který je příkaz určen.
- deviceId – ID, pro které je příkaz určen.

#### Výstupní uzel

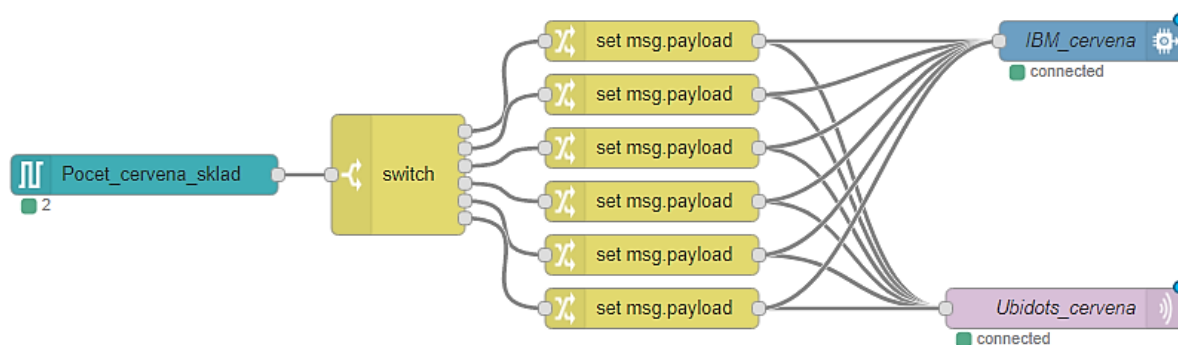
Tento uzel má stejné vlastnosti jako vstupní uzel s tím rozdílem, že odesílá události o daném zařízení na IBM Watson Internet of Things platformu. Formát události je defaultně nastavený jako datový typ JSON. Data pro událost jsou získány z msg.payload. [34]



Obrázek 4.6: Uzly z knihovny Watson IoT

### 4.3 Struktura programu v Node-RED

Řízení prostřednictvím Node-RED lze realizovat pomocí uzlů, které již byly podrobně rozebrány v předchozí kapitole (viz 4.2). První uzel (Počet červených puků ve skladu) získává informaci o počtu červených puků ve skladu z PLC. Následuje uzel switch, ve kterém je zakomponována rozhodovací logika pro zpracování procesních dat z PLC. Na základě výstupní hodnoty z rozhodovacího uzlu switch se určí korektní hodnota, která bude uložena na cloudové platformy. Na obrázku jsou tyto platformy zobrazeny ve formě uzlů, tj. modrý (IBM cloud) a růžový (Ubidots cloud). Struktura zapojení uzlů pro ukládání modrých a hliníkových puků na cloudové platformy je totožná, liší se pouze vnitřní nastavení jednotlivých uzlů.



Obrázek 4.7: Ukládání informace o stavu puků ve skladu na cloudové platformy

Do nastavení výstupního uzlu (Počet červených puků ve skladu) je potřeba zadat IP adresu PLC, ze kterého jsou získávány data. Následně je nutné zadat název proměnné datového typu word, která nese informaci o počtu puků ve skladu (v případě počtu červených puků to je proměnná MW10). Na základě podmínky v uzlu switch se poté vybere jedna z šesti zpráv (set.msg.payload). Například, pokud vstupní uzel (Počet červených puků ve skladu) obdrží informaci o tom, že určitá proměnná datového typu word obsahuje celočíselnou hodnotu 0, tak bude vybrán uzel, který nese zprávu {"Pocet\_cervenych\_puku\_ve\_skladu":0}. Pro uložení na IBM cloud je potřeba mít zaregistrované zařízení na IBM Watson Internet of Things platformě, kde se k zařízení přiřadí ID, typ a autorizační token. Uložení na Ubidots cloud probíhá formou protokolu MQTT, kde se nastaví parametr topic (/v1.6/devices/PLC) a dále pak autorizační token, který je uživateli po registraci přiřazen.

node properties

⚡ PLC 158.196.133.239:102:0:1

⚙ Mode Single variable

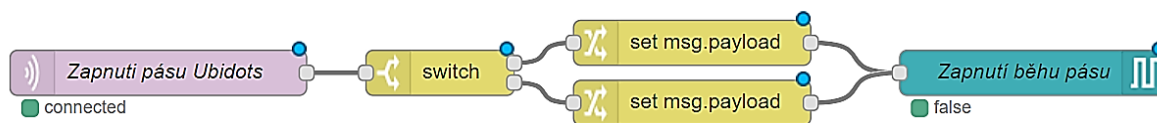
🔗 Variable Pocet\_cervena\_sklad MW10

☒ Emit only when value changes (diff)

🏷 Name Počet červených puků ve skladu

Obrázek 4.8: Nastavení parametrů v uzlu „Pocet\_cervena\_sklad“

Následující programové bloky, které jsou uvedeny na obrázku uvedeném níže (viz. obrázek 4.9), slouží k zapínání pásu na laboratorním modelu dopravní linky. V prvním uzlu je potřeba nastavit parametr topic (téma) (/v1.6/devices/plc/zapnuti\_pasu/lv), který vyčítá z proměnné uložené na cloudu hodnotu datového typu INT (0 nebo 1).

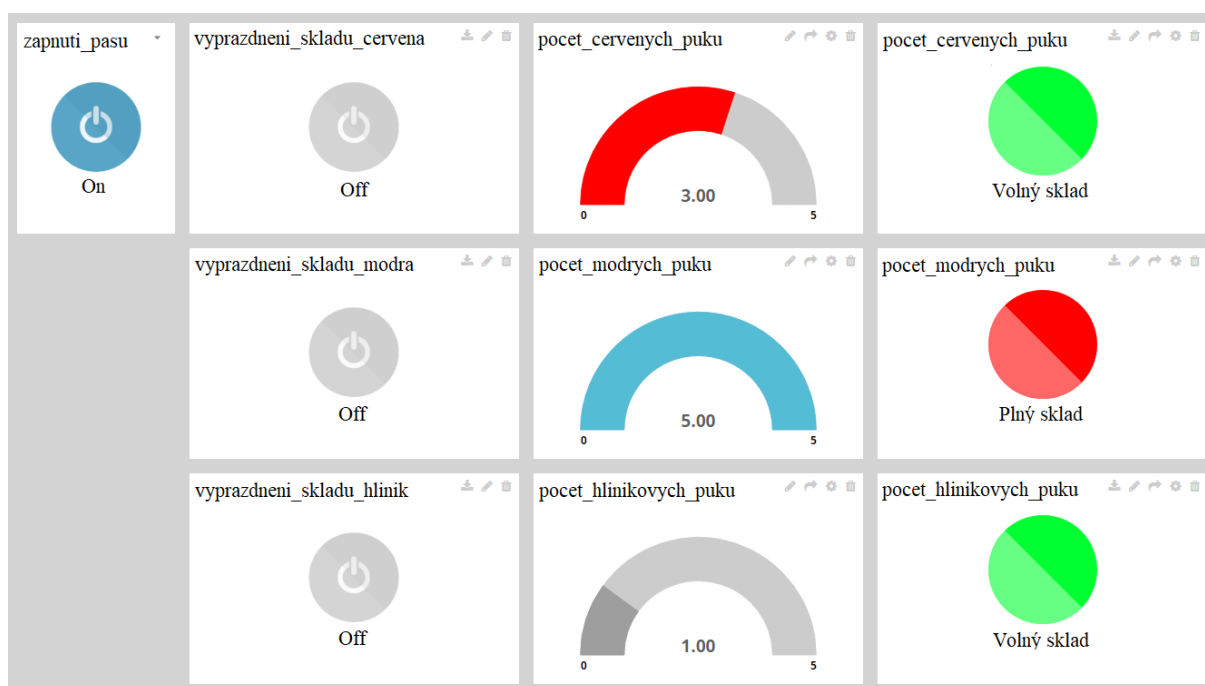


Obrázek 4.9: Zapínání pásu z cloudové platformy Ubidots

Následuje uzel switch, který na základě podmínky přiřadí hodnotu datového typu INT (1 nebo 2, vychází z uzlu set.msg.payload). Například, pokud je platný druhý výstup z uzlu switch, tak se vybere příslušný uzel set.msg.payload, který je nutné nastavit na datový typ bool (hodnota false). Nakonec se tato hodnota pošle do PLC pomocí uzlu (Zapnutí běhu pásu).

### 4.3.1 Vizualizace a řízení v Ubidots cloudu

V cloudové platformě Ubidots je možné využít jak řídicí (switch, slider), tak vizualizační prvky (indicator, chart). Pomocí prvku “zapnutí\_pasu“ se do proměnné uloží celočíselná hodnota (1 nebo 0), která je průběžně synchronizována v prostředí Node-RED. Dále je zde sloupec o třech prvcích, jež slouží pro vyprázdnění skladů (dle jednotlivých barev puků). Hodnoty těchto prvků se vyčítají v prostředí Node-RED, kde se na základě získané hodnoty 1 vykoná funkce, která přiřadí hodnotu 0 do proměnné datového typu word (MW10, MW20, MW30). Další sloupec se třemi indikátory zobrazuje aktuální stav počtů puků ve skladu. Poslední sloupec s třemi prvky informuje o aktuálním stavu obsazenosti skladu. (viz. obrázek 4.10)



Obrázek 4.10: Vizualizace a řízení v Ubidots

Ubidots dále nabízí možnost informování uživatele formou sms zprávy nebo e-mailem. V této práci je využita možnost zaslání varovného e-mailu v případě, že se splní podmínka (viz obrázek. 4.11) tzn. Pokud se do skladu uloží 5 červených puků, tak se odešle e-mail s předem konfigurovatelnou zprávou. Tato služba je zpoplatněná a za každou možnost odeslání zprávy nebo e-mailu se z účtu strhává kredit.



Obrázek 4.11: Podmínka pro zaslání varovného e-mailu na cloudové platformě Ubidots

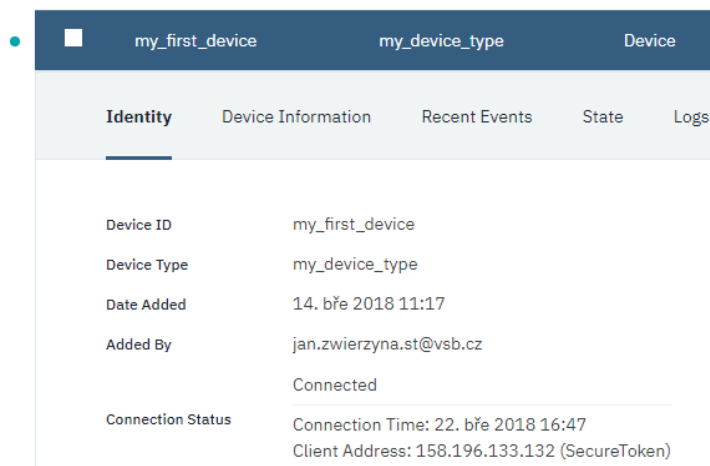
### 4.3.2 Vizualizace v IBM Watson Internet of Things platformě

V této práci je využita education verze IBM Bluemix, která je na rozdíl od placené verze omezená pouze na vizualizaci, tudíž z ní není možno řídit. Jsou zde k dispozici různé vizualizační prvky (line chart, bar chart, generic visualisation, value, apod..).



Obrázek 4.12: Vizualizace na IBM Watson IoT platformě

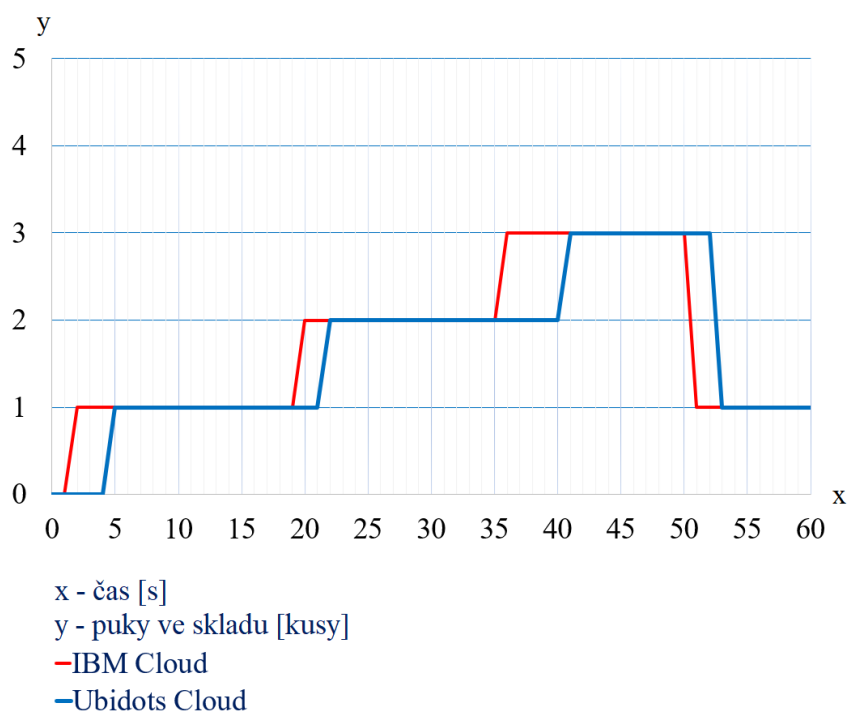
Předtím, než je vůbec možné odesílat na tuto platformu data, je nutné vytvořit nové zařízení, určit typ a přiřadit autentizační token v záložce devices na platformě IBM Watson Internet of Things. Následně se tyto údaje nastaví v Node-RED do uzlu Watson IoT, jenž slouží pro komunikaci s danou platformou. Obrázek 4.13 znázorňuje parametry vytvořeného zařízení, kterými jsou ID, typ, stav, připojení a IP adresa (pro příslušný gateway).



Obrázek 4.13: Informace o vytvořeném zařízení na IBM Watson IoT platformě

## 4.4 Srovnání cloudových platforem

Co se týče instalace a implementace zařízení, tak je na tom z hlediska jednoduchosti lépe Ubidots cloud. Není zde potřeba vytvářet nové zařízení na cloudové platformě, zatímco v IBM Bluemix ano. Zařízení se v Ubidots cloudu vytvářelo tak, že se jednoduše vepsalo do záložky topic v uzlu MQTT. V případě IBM Bluemix bylo potřeba zdlouhavě vytvářet zařízení přímo v cloudu. Další předností Ubidots cloudu je možnost řízení z cloudu. IBM Bluemix tuto možnost nenabízí, protože se jedná o education verzi, která má oproti placené verzi značně omezené možnosti. Z pohledu spolehlivosti je na tom lépe IBM Bluemix, který při testování reagoval vždy se stejnou minimální latencí. U Ubidots cloudu docházelo téměř pokaždé k nahodilému zpoždění (až 5 sekund). Je to patrné z grafu (viz. obrázek 4.14).



Obrázek 4.14: Porovnání latence IBM Bluemix cloudu a Ubidots cloudu

## Závěr

Hlavním úkolem této práce bylo navrhnout řídicí systém a zprostředkovat komunikaci mezi ním a cloudovými platformami. Prostudoval jsem vybranou literaturu s cílem porozumět konceptům, standardům a technologiím v oblasti výzkumu a vývoje Internet of Things. Během programování na řídicím systému Siemens SIMATIC S7-1200 ve vývojovém prostředí TIA Portal V14 jsem využil získané znalosti o programovatelných automatech během výuky na vysoké škole. Řídicí aplikace byla naprogramována pomocí návrhu vývojového diagramu s pomocnými stavovými paměťovými bity zajišťující sekvenční chod. Do funkční aplikace bylo potřeba doplnit proměnné datového typu word, které v sobě nesly informaci o obsazenosti skladu, aby mohly být následně využity pro vizualizaci na cloudových platformách.

Komunikace mezi řídicím systémem a cloudovými platformami byla realizována pomocí průmyslové gateway Siemens SIMATIC IOT2040. Z důvodu, že se na naší fakultě ještě s podobným zařízením nepracovalo, byla práce zpočátku spíše výzkumná. V rámci HW konfigurace (viz. 4.1) jsem postupoval podle oficiálních manuálů od společnosti Siemens, které mají spíše obecnější charakter. Z toho důvodu jsem také využil různé návody na internetovém serveru Youtube. Po nastavení HW konfigurace se do zařízení nahrál operační systém Linux Yocto, který byl volně ke stažení na stránkách společnosti Siemens. Následně bylo potřeba Siemens SIMATIC IOT2040 připojit k internetu tak, že se v nastavení přepsala defaultní IP adresa na DHCP, což mělo za následek, že zařízení dostalo novou specifickou IP adresu. Poté bylo možné doinstalovat platformu Node-RED, která se podle zahraničních zdrojů nejvíce využívá v oblasti Internet of Things. Následně bylo potřeba doinstalovat knihovny S7, IBM Watson a MQTT k umožnění komunikace mezi PLC a cloudovými platformami. Na oficiálních stránkách od Node-RED jsem pomocí návodů pochopil, jak s těmito knihovnami pracovat.

V prostředí Node-RED jsem vytvořil zapojení, které přijímalo data z řídicího systému o obsazenosti skladu. Přijímání dat z řídicího systému je realizováno pomocí uzlu S7, který je z knihovny podporované společnosti Siemens. V tomto uzlu bylo potřeba nastavit název požadované proměnné a IP adresu řídicího systému. Poté se tato hodnota odeslala do uzlu IBM Watson a MQTT, které slouží pro přenos dat do cloudových platform IBM Bluemix (IBM Watson) a Ubidots (MQTT).

Při registraci do cloudové platformy IBM Bluemix byla vybrána education verze. Následně bylo potřeba vytvořit platformu IBM Watson, ve které jsem následně vytvořil zařízení, kde bylo potřeba zadat ID. Poté mi byl vygenerován specifický autentizační token, který slouží jako bezpečnostní ochrana. Po zadání těchto parametrů do uzlu IBM Watson v Node-RED se navázala komunikace s IBM Bluemix cloudem. Na rozdíl od IBM Watson platformy se v Ubidots cloudu nemuselo zdlouhavě vytvářet zařízení, což je pro méně náročné aplikace značné usnadnění. Pro navázání komunikace s Ubidots cloudem bylo potřeba vložit autentizační token do uzlu MQTT v Node-RED, který mi byl automaticky přidělen po registraci. Zařízení se v případě Ubidots cloudu vytvářelo tak, že se jednoduše vepsalo do záložky topic v uzlu MQTT.

Z pohledu spolehlivosti byl na tom lépe IBM Bluemix, který měl stabilně minimální odezvu. V případě Ubidots cloudu docházelo téměř pokaždé k nahodilé odezvě, jejíž hodnota se mnohdy blížila až pěti sekundám. Výhoda Ubidots cloudu je, že nabízí možnost řízení z dashboardu na cloudové platformě. V mém případě IBM Bluemix tuto možnost nenabízí, protože jsem dostal education verzi, ve

které jsou některé možnosti omezeny. Testování úspěšně proběhlo v laboratoři programovatelných automatů a distribuovaných systémů řízení. Všechny body zadání byly splněny.

Závěrem bych zdůraznil, že technologie Internet of Things se neustále vyvíjí a formuje. Tento pojem obsahuje velký potenciál a je mu předpovídáno, že změní svět jako ještě žádná doposud vynalezená technologie. Je třeba brát v potaz jistá rizika této technologie, aby se potenciální studnice neomezených možností neproměnila v to, co předpovídal Karel Čapek ve svém díle R.U.R.



## Použitá literatura

- [1] The Internet of Things. *I2ot* [online]. [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://i2ot.eu/internet-of-things/>
- [2] GREENGARD, Samuel. The Internet of Things. The MIT Press. ISBN 0262527731.
- [3] Co je internet a jak funguje? *Datacentrum wedos* [online]. [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <https://datacentrum.wedos.com/a/17/co-je-internet-jak-funguje.html>
- [4] Co je to počítačová síť: Počítačové sítě. *Site.the* [online]. [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <http://site.the.cz/index.php?id=1>
- [5] Nikola Tesla's Incredible Predictions For Our Connected World. *Paleofuture* [online]. [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <https://paleofuture.gizmodo.com/nikola-teslas-incredible-predictions-for-our-connected-1661107313>
- [6] That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal* [online]. [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- [7] BUYYA, Rajkumar a Amir Vahid DASTJERDI. *Internet of Things: Principles and Paradigms* [online]. Morgan Kaufmann [cit. 2017-12-28]. ISBN 9780128093474.
- [8] EVANS, Dave. The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. In: *Cisco* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: [https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)
- [9] Moo Koomey's Law: Computing efficiency keeps pace with Moore's Law. *Infoworld.com* [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://www.infoworld.com/article/2620185/green-it/koomey-s-law--computing-efficiency-keeps-pace-with-moore-s-law.html>
- [10] Kevin Ashton. "The Internet of Things." Seoul, June 19, 2014. Youtube [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=xSYkp8\\_Dn2E](https://www.youtube.com/watch?v=xSYkp8_Dn2E)
- [11] Internet věcí - Internet of Things. *Lupa* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/internet-veci-internet-of-things/>
- [12] Planning IOT Image. In: *Whitehatsec* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://www.whitehatsec.com/wp-content/uploads/2017/06/Planning-IOT-Image.png>
- [13] The Connected World Awaits. *Electronicdesign* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.electronicdesign.com/iot/connected-world-awaits>
- [14] Image M2M and IoT. In: *Gyantemple* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.gyantemple.com/Files/2015-09/20150930-615041532112581.jpg>
- [15] 11 Internet of Things (IoT) Protocols You Need to Know About. *Rs - online* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://www.rs-online.com/designspark/eleven-internet-of-things-iot-protocols-you-need-to-know-about>
- [16] Bluetooth Low Energy. *Dps-az* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/soucastky/id:9912/bluetooth-low-energy>
- [17] Industrial IoT & Industry 4.0. *Rs-online*. [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: [https://cz.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=industrial-iiot](https://cz.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=industrial-iot)
- [18] Professional services iiot. *Ge digital* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://www.ge.com/digital/services/professional-services-iiot>
- [19] The Industrial Internet of Things (IIoT). *Inductiveautomation* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://inductiveautomation.com/what-is-iiot>

- [20] [What is MQTT?. Mqtt.org [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://mqtt.org/faq>
- [21] IoT MQTT prakticky v automatizaci - 1.díl - úvod. Automatizace.hw [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/iot-mqtt-prakticky-v-automatizaci-1dil-uvod.html>
- [22] SIMATIC S7-1200 – Be flexible thanks to networking possibilities. Siemens.com [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>
- [23] The intelligent gateway for industrial IoT solutions. W3.siemens [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://w3.siemens.com/mcms/pc-based-automation/en/industrial-iot/pages/default.aspx>
- [24] Industrial IoT & Industry 4.0. Rs-online. [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://cz.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=industrial-iot>
- [25] SIEMENS SIMATIC IOT2020. Rs-online [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: [https://cz.rs-online.com/web/generalDisplay.html?intcmp=CZ-WEB-\\_-BP-PB3-\\_-Apr-17-\\_-siemens&id=siemens-simatic-iot2020](https://cz.rs-online.com/web/generalDisplay.html?intcmp=CZ-WEB-_-BP-PB3-_-Apr-17-_-siemens&id=siemens-simatic-iot2020)
- [26] SIMATIC IOT2020, SIMATIC IOT2040. In: Siemens [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109741658/simatic-iot2020-simatic-iot2040?dti=0&lc=en-WW>
- [27] What is Node-RED? How can it be used for the Internet of Things? Heidloff [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://heidloff.net/article/21.01.2015081841NHEAL8.htm>
- [28] What is cloud computing? Microsoft azure [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/en-in/overview/what-is-cloud-computing/>
- [29] SaaS vs PaaS vs IaaS: What's The Difference and How To Choose. BMC.com [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/>
- [30] IoT a IBM Bluemix. Itbiz.cz [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.itbiz.cz/clanky/iot-a-ibm-bluemix>
- [31] Turning IoT Sensor Data into Visualizations with Ubidots and PubNub Functions. Pubnub.com [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.pubnub.com/blog/turning-iot-sensor-data-into-visualizations-with-ubidots-and-pubnub-functions/>
- [32] NodeS7. Github.com [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://github.com/plcpeople/nodeS7>
- [33] MQTT. Npmjs.com [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://www.npmjs.com/package/mqtt>
- [34] Node-red-contrib-ibm-watson-iot. Nodered.org [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://flows.nodered.org/node/node-red-contrib-ibm-watson-iot>

## Seznam příloh

Příloha A:	IBM Watson IoT .....	I
Příloha B:	Ubidots .....	II
Příloha C:	Základní funkce v prostředí TIA Portal V14.....	III
Příloha D:	Nastavování parametrů v platformě Node-RED .....	V
Příloha E:	CD-ROM.....	VI

Card source data

[my\\_first\\_device](#)

Card preview

Card information

## Edit Line chart Card

Connect data set

☰ Pocet\_cervenych\_puku\_ve\_skladu 🗑️

Event

Property

Pocet\_cervenych\_puku\_ve\_skladu

Name

Pocet\_cervenych\_puku\_ve\_skladu

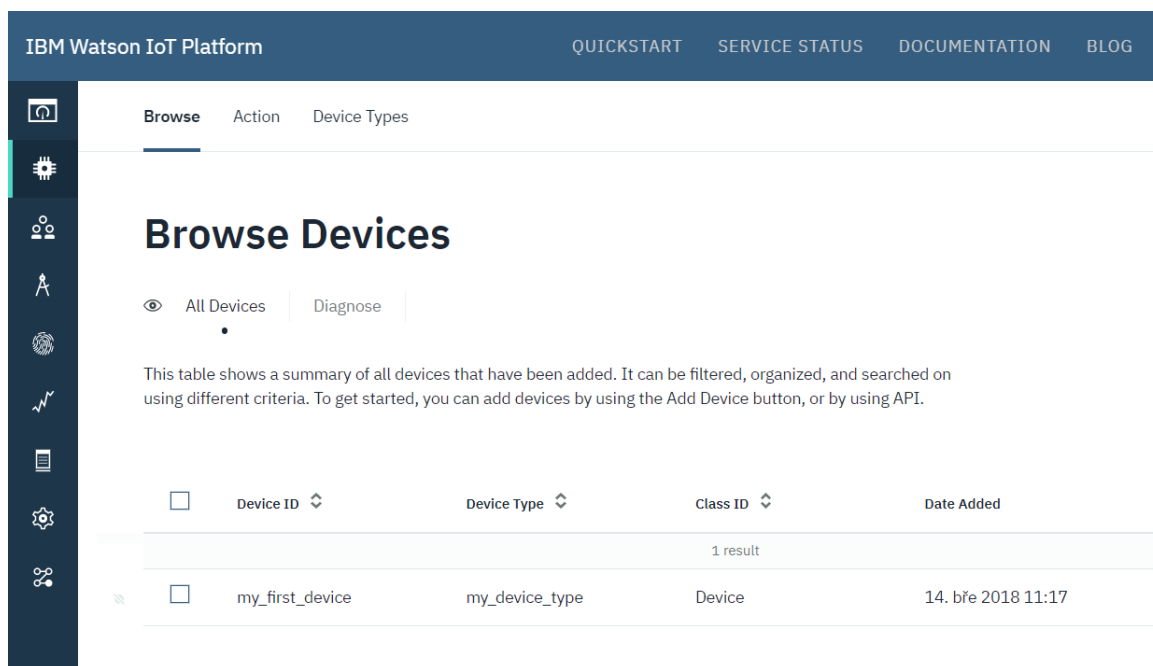
Type Unit

Text ▾

[+ Connect new data set](#)

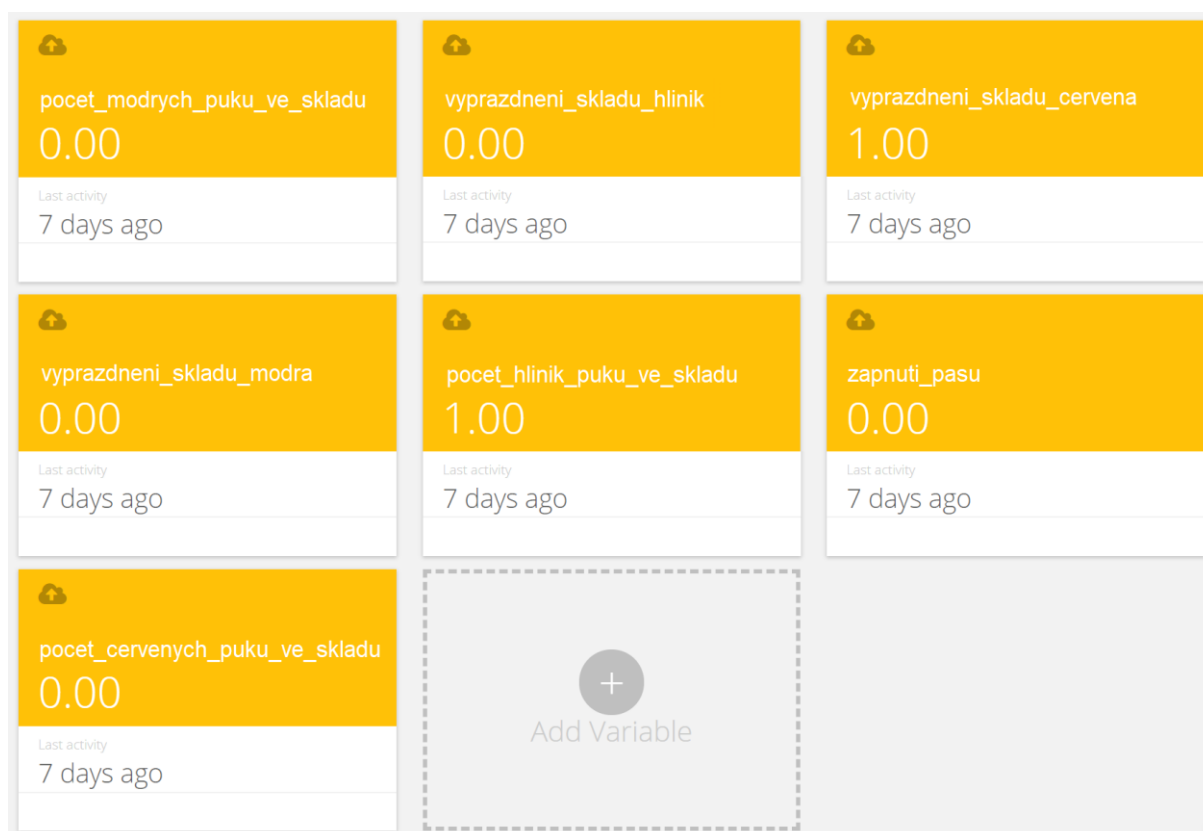
Back Next

Obrázek A.1: Vkládání proměnné do karty v IBM Watson IoT platformě



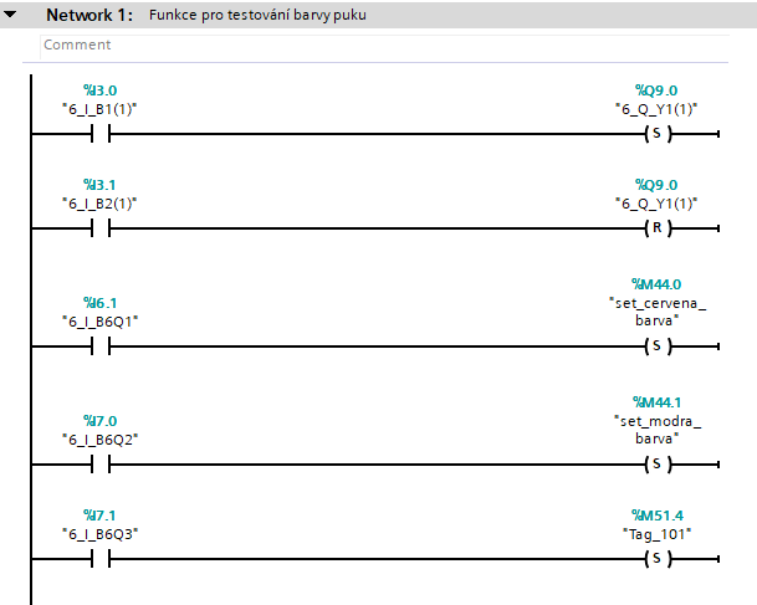
Obrázek A.2: Přehled vytvořených zařízení v IBM Watson IoT platformě

Příloha B: Ubidots

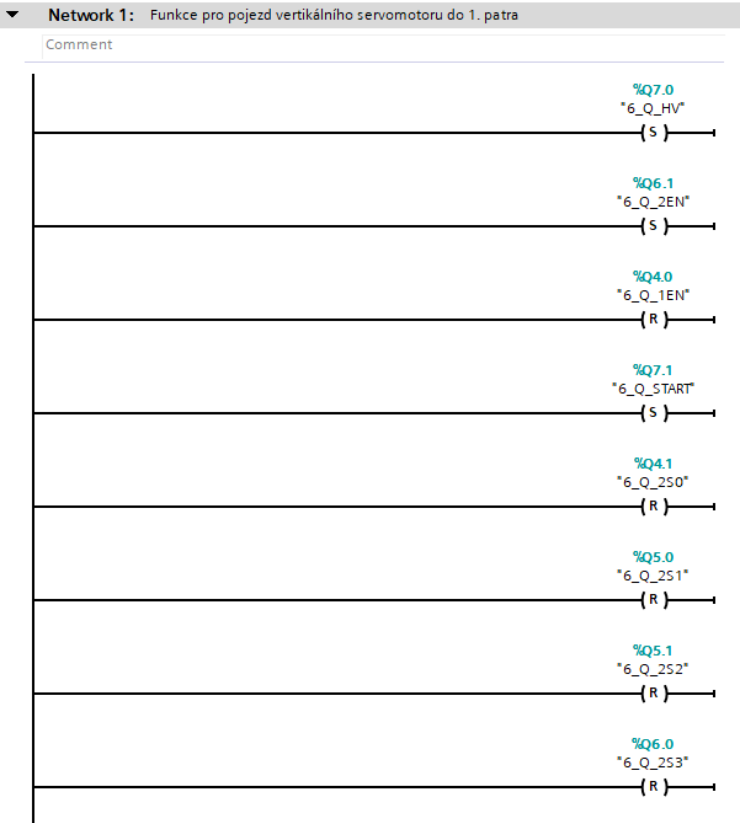


Obrázek B.1: Přehled karet v Ubidots cloudové platformě

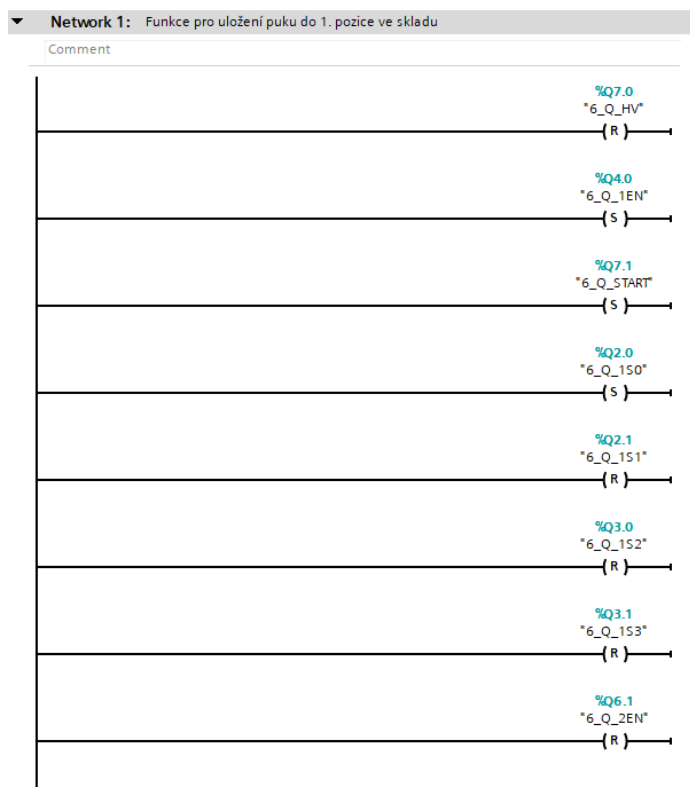
Příloha C:      Základní funkce v prostředí TIA Portal V14



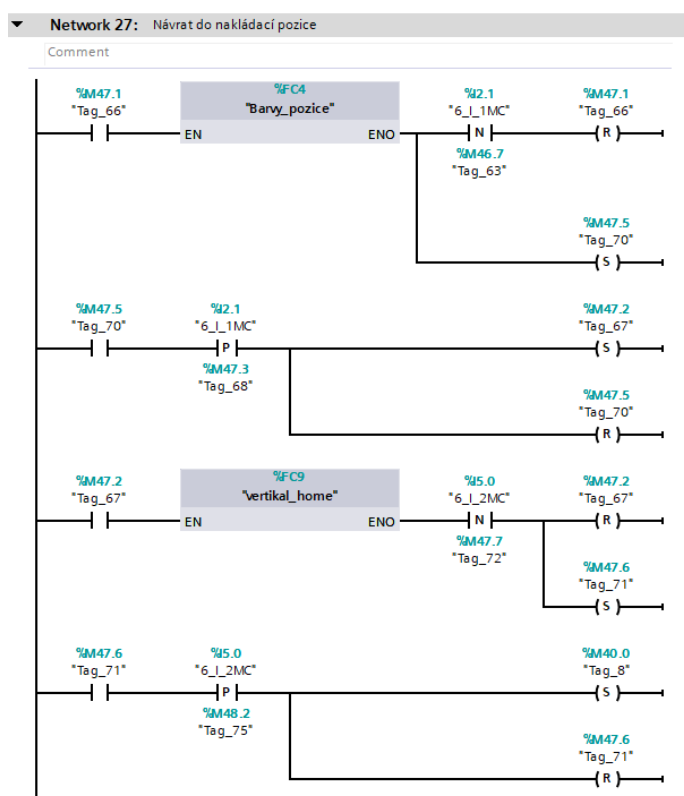
Obrázek C.1:      Funkce pro testování barvy puků



Obrázek C.2:      Funkce pro vertikální pojezd servomotoru do 1. patra



Obrázek C.3: Funkce pro uložení puku do 1. pozice ve skladu



Obrázek C.4: Funkce pro návrat chapadla do nakládací pozice

Příloha D:      Nastavování parametrů jednotlivých uzlů v platformě Node-RED

Delete

Cancel

Update

Organization

p0rbdx

Server-Name

orgid.messaging.internetofthings.ibmcloud.com

Device Type

my\_device\_type

Device ID

my\_first\_device

Auth Token

.....

Keep Alive

60

Seconds

☒ Use Clean Session

☐ Enable secure (SSL/TLS) connection

Name

Name

Obrázek D.1:      Zadávání parametrů do uzlu IBM Watson

Delete

Cancel

Done

▼ node properties

Server

things.ubidots.com:1883

Topic

/v1.6/devices/PLC

QoS

Retain

Name

Name

Obrázek D.2:      Zadávání parametrů do uzlu MQTT



Edit change node

Delete
Cancel
Done

▼ node properties

Name

Rules

Set
▼ msg. payload

to
▼ a<sub>z</sub> {"Pocet\_cervenych\_puku\_ve\_skladu":2}

Obrázek D.3: Nastavení set.msg.payload uzlu

Příloha E: CD-ROM

- ZWI0013\_FEI\_B2649\_2612R041\_2018.pdf - Elektronická verze bakalářské práce ve formátu PDF
- ZWI0013\_Node-RED.txt - Zdrojový kód v textovém souboru pro prostředí Node-RED
- ZWI0013\_PLC\_aplikace.rar – Řešení aplikace pro skladovací pracoviště vytvořené ve vývojovém prostředí TIA Portal V14
- SIMATIC\_IOT2000\_Setting\_up\_V2.1.pdf – Manuál pro konfiguraci Siemens SIMATIC IOT2040
- s71200\_getting\_started\_en-US\_en-US.pdf – Manuál pro konfiguraci Siemens SIMATIC S7-1200
- Bluemix\_registration.pdf – Manuál pro registraci na IBM Bluemix cloudovou platformu
- IBM\_Watson\_node-red\_V1.0.pdf – Manuál pro vývojové prostředí Node-RED
- S7\_Communication\_node-red\_V1.0.pdf – Manuál pro knihovny S7 v prostředí Node-RED